Die

Konstruktionen in Stein.

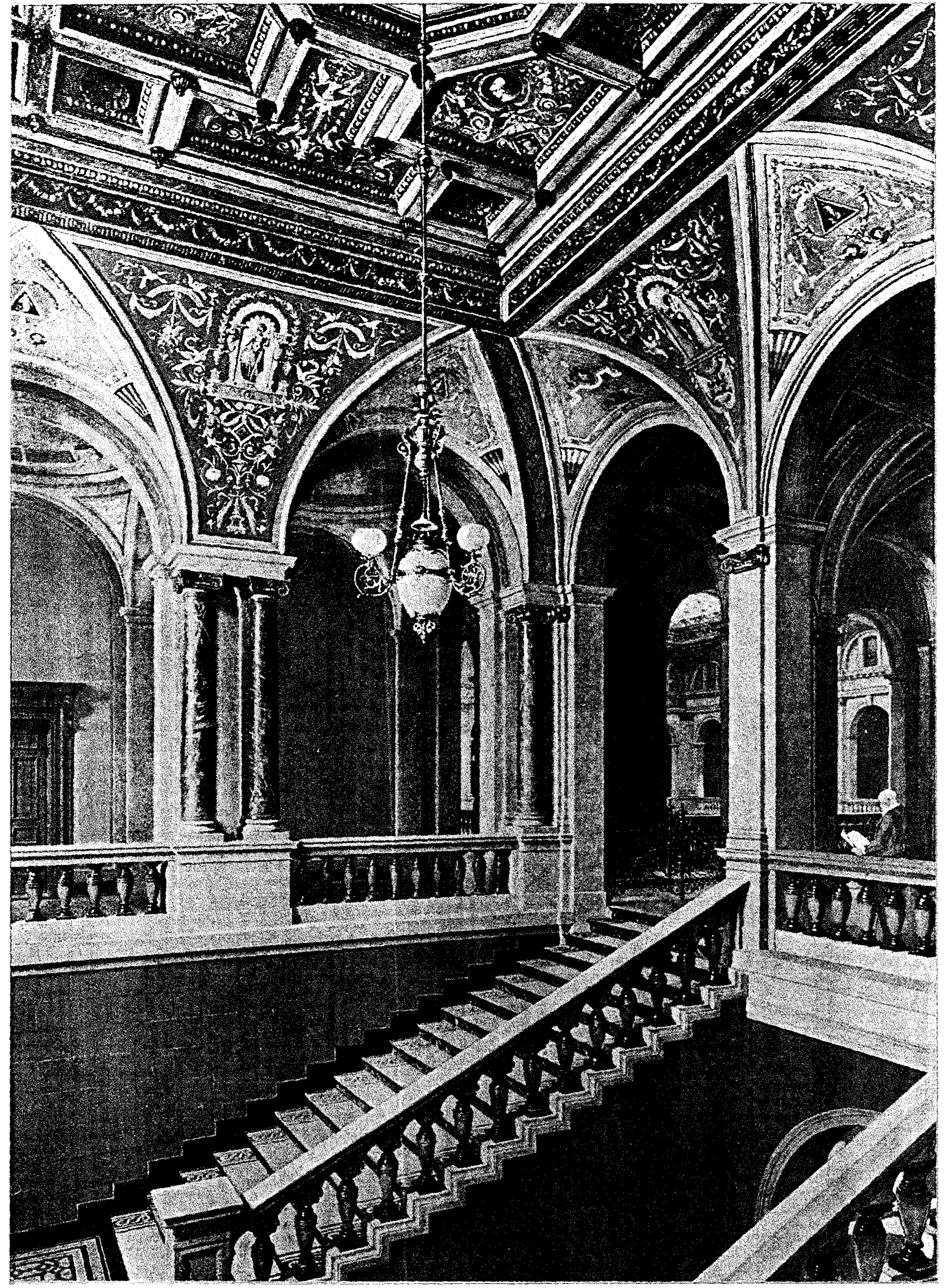
Siebente, verbesserte und erweiterte Auflage

von

Dr. Otto Warth,
Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe.

Mit einem in Farbendruck ausgeführten Titelbild:
„Treppenhaus des Kollegiengebäudes der Universität Straßburg",
1225 Originalzeichnungen in Holzschnitt, 103 photolithographierten und lithographierten Figurentafeln
und einer in Farbendruck ausgeführten Tafel eines Mosaik-Terrazzo-Bodens.

Leipzig,
J. M. Gebhardt's Verlag.
1903.



Dreifarbendr. Förster & Borries, Zwickau J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Treppenhaus des Kollegiengebäudes der Universität Straßburg.

Erbaut von Oberbaurat Dr. Warth.

Nach einem Original-Aquarell von Professor C. Brünner.

Allgemeine

Baukonstruktionslehre

mit besonderer Beziehung

auf das

Hochbauwesen.

Ein Handbuch zu Vorlesungen und zum Selbstunterricht.

Begründet

von

G. A. Breymann,

† Baurat und Professor an der Königl. Polytechnischen Schule in Stuttgart.

Neu bearbeitet

von

H. Lang,

† Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe,

Dr. Otto Warth,

Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe,

O. Königer,

Königl. Preuß. Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. in Halle,

A. Scholtz,

vorm. Dozent für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin.

In 4 Bänden.

Band I: Die Konstruktionen in Stein.

Siebente, verbesserte und erweiterte Auflage

von

Dr. Otto Warth,

Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe.

Leipzig,

J. M. Gebhardt's Verlag.

1903.

Vorwort zur sechsten Auflage.

Die vorliegende sechste Auflage dieses Bandes bringt eine fast völlige Neubearbeitung und beträchtliche Erweiterung und enthält 32 neue Tafeln und ca. 500 neue sorgfältig in Holzschnitt ausgeführte Textillustrationen.

Entsprechend diesem reichen Inhalte an bildlichen Darstellungen, die alle wichtigen Konstruktionen aus dem Gebiete des Steinbaues veranschaulichen, hat auch der Text eine wesentliche Umgestaltung erfahren, wobei die historische Entwickelung und die formale Ausbildung der Konstruktionen, soweit dies im Bereiche eines für Praxis und Schule bestimmten Werkes möglich ist, eingehend berücksichtigt wurden.

Ausführliche Behandlung erfuhr die statische Untersuchung der Mauern, der Gewölbe und der Widerlager nach dem heutigen Stande der Statik, aber in einfacher und für die Praxis brauchbarer Weise unter Vermeidung rein theoretischer Erörterungen; die zum Verständnis notwendigen Sätze der graphischen Statik sind jeweils beigefügt und entwickelt, so daß auch dem in der Praxis stehenden Architekten Schwierigkeiten beim Studium des statischen Teils der Konstruktionen nicht erwachsen werden.

Die bei der Bearbeitung benutzten Werke sind jeweils an den entsprechenden Stellen in Fußnoten angegeben. Die neuen Tafeln sowie der größte Teil der neuen Textfiguren wurden nach Originalzeichnungen des Verfassers hergestellt; soweit solche aus anderen Werken entnommen sind, ist dies in Fußnoten beigefügt.

Dem Buche ist ein ausführliches Inhaltsverzeichnis beigegeben, das den Gebrauch des Werkes als Lehr- und Nachschlagebuch wesentlich erleichtern wird.

Karlsruhe, im September 1896.

Dr. Warth.

Vorwort zur siebenten Auflage.

Aus dem raschen Absatz der sechsten Auflage dieses Bandes darf wohl geschlossen werden, daß die Art und Weise der Bearbeitung und die dabei befolgten Grundsätze den Beifall der Fachgenossen gefunden haben.

Die vorliegende siebente Auflage hält daher an der bewährten Gestaltung fest, beschränkt sich aber nicht auf eine sorgfältige Durchsicht und Verbesserung, sondern bringt eine beträchtliche Erweiterung, die sich insbesondere erstreckt auf die Cementeisen-Konstruktionen, die Berechnung der Futtermauern, die ebenen massiven Deckenkonstruktionen und die massiven Steindächer.

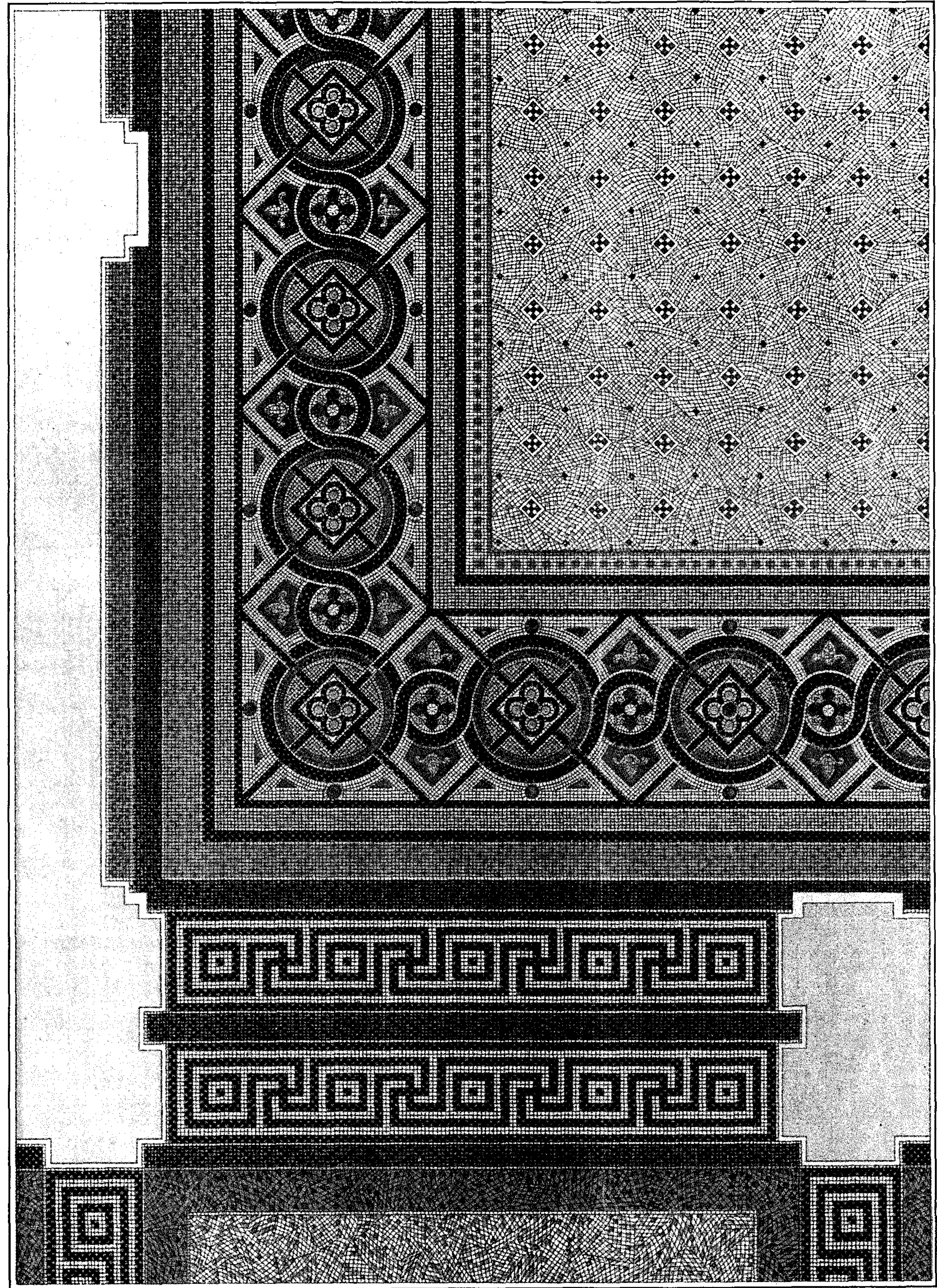
Dementsprechend sind auch die Textillustrationen um etwa 300 neue Holzschnitte vermehrt worden, so daß alle im Texte besprochenen Konstruktionen bildlich veranschaulicht sind.

Möge die Bearbeitung auch in der vorliegenden Form von den Fachgenossen wohlwollend aufgenommen werden.

Karlsruhe, im Januar 1903.

Dr. Warth.

Inhaltsverzeichnis.



Breymann I. Stein (7.Aufl.) Dr Warth entw. u. gez. J.M.Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Kollegienhaus der Universität Strafsburg
Mosaikboden im Treppenhaus-Vestibül.

Einleitung.

Die Lehre von der regelrechten und zweckmäßigen Verbindung der verschiedenen Baumaterialien zu einzelnen Bauteilen und deren Zusammenfügung zu einem ganzen Gebäude bezeichnet man als Baukonstruktionslehre.

Unter Baukonstruktionslehre verstehen wir daher den Inbegriff der Kenntnisse und Erfahrungen, die nötig sind, um aus den Baumaterialien ein Bauwerk herzustellen, das den Anforderungen an Zweckmäßigkeit, Festigkeit und Dauer entspricht.

Die Konstruktion muß dabei den Ansprüchen auf formale Durchbildung des betreffenden Bauteiles in ausreichender Weise Rechnung tragen, und es soll die Form selbst aus der Konstruktion hervorgehen und die Eigentümlichkeit des verwendeten Materials nie verleugnen; es darf also kein Baumaterial als ein fremdartiges erscheinen, und soll Eisen als Eisen, Holz als Holz, Stein als Stein in die Erscheinung treten.

Die Baukonstruktionen haben eine Geschichte, deren Kenntnis dem Architekten notwendig ist; das Feld der Erfahrung, das seit Jahrtausenden bebaut worden ist, liegt ihnen zu Grunde.

Das Studium der Architekturgeschichte führt zu der Erkenntnis, daß zu allen Zeiten das gebotene Baumaterial und die Kulturstufe eines Volkes einen wesentlichen Einfluß auf die Konstruktionen und auf deren Gesamterscheinung, die Architektur, geübt haben. Die Architektur ist somit der Spiegel der Zeit, in der sie entstanden ist, deshalb aber auch der ernste Mahnruf an uns Architekten der Neuzeit, unsere Werke in einer Weise auszuführen, daß sie nicht allein durch ihre Dauerhaftigkeit einer spätern Nachwelt erhalten bleiben, sondern daß sie auch durch ihre formale Erscheinung der echte Ausdruck unserer Zeit sind.

Nehmen wir aus der Architekturgeschichte die griechische und römische Bauweise heraus, sowie die mittelbar aus diesen herausgebildete mittelalterliche, insbesondere die gotische Bauweise, so finden wir in den Konstruktionen einen wesentlichen Unterschied zwischen der antiken und der gotischen Architektur.

In der griechischen Baukunst, in der fast ausschließlich die wagerechte Überdeckung zur Ausführung kam, sind Belastung und Stütze oder Druck und Gegendruck in dem Gegensatze der Horizontalen und der Vertikalen, des Gebälkes und der stützenden Säulen mit der größten Bestimmtheit und Klarheit ausgesprochen und vollständige Übereinstimmung zwischen Konstruktion und formaler Ausbildung erreicht; dagegen tritt in der römischen Architektur zu der übernommenen griechischen noch ein wesentlicher Konstruktionsteil, das Gewölbe, hinzu, das auf die Bildung der Mauern als Widerlagsmauern und auf den architektonischen Organismus hätte umgestaltend einwirken müssen, was jedoch in dieser Bauperiode nicht geschah. Diese Aufgabe wurde erst in der mittelalterlichen Epoche richtig erkannt und in der gotischen Periode gelöst. Die Lösung bestand in der Anlage von Mauerpfeilern, Strebepfeilern oder Knoten.

Das in der gotischen Bauperiode zur Ausbildung gelangte Prinzip der Knotenbildung ermöglicht die Durchführung eines rationellen Konstruktionssystems.

Betrachten wir z. B. die zur Erbauung eines Saales notwendigen Konstruktionsteile, so haben wir es mit stehenden, stützenden oder umschließenden und mit liegenden belastenden, den Raum nach oben abschließenden Elementen zu thun. Welches Material nun auch zur Bildung der Decke gewählt werden mag, man wird nur durch Herstellung eines Gerippes eine verständige Konstruktion erzielen; bei Gewölben durch Gurten, bei Balkendecken durch Unterzüge.

Dadurch werden aber einzelne Teile der Mauern stärker belastet, was zur Folge hat, daß diese Mauern nicht von gleicher Stärke anzulegen sind, sondern sie müssen gegliedert werden durch Pfeiler, die den Hauptrippen der Decken entsprechen, und die bei der gewölbten Decke zu Strebepfeilern werden, da sie nicht allein in senkrechter, sondern auch in schräger Richtung zu widerstreben haben.

Die Vorteile der gegliederten Mauer sind:

1. Geringer Materialverbrauch, da die Statik lehrt, daß eine mit Pfeilern versehene Mauer weniger Material erfordert als eine von gleicher Stärke unter Voraussetzung gleicher Festigkeit.
2. Gleichmäßige Setzung, da die Mauerstärken den Belastungen entsprechen.
3. Bessere formale Durchbildung, da eine gegliederte Mauer günstiger wirkt und die in der Decke herrschenden Kräfte klar zum Ausdruck bringt.

I. Maurer- und Steinmetzarbeiten.
(Steinkonstruktionen.)

a) Die Arbeiten des Rohbaues.

1. Mauern mit Rauchrohren, Bogen und Gesimsen.
2. Fenster- und Thüröffnungen.
3. Gewölbe.
4. Massive ebene Decken.
5. Steindächer.
6. Steinerne Treppen.
7. Dachdeckungen.

b) Die Arbeiten des Ausbaues.

1. Pflasterarbeiten.
2. Putzarbeiten.

Unter Steinkonstruktionen verstehen wir solche, bei denen der Stein und ihm verwandte Stoffe das Hauptmaterial bilden.

Da sich die Steinkonstruktionen der bewährtesten und dauerhaftesten Materialien bedienen, so sind sie es, die die Monumentalität der Bauwerke bedingen und Räume schaffen, in denen wir gegen feindlich uns entgegentretende Kräfte, gegen Witterungseinflüsse, Hitze, Kälte und Feuchtigkeit den besten Schutz finden.

Den Steinkonstruktionen verdanken wir die vielen beredten Zeugen der Kulturzustände vergangener Völker, verdanken wir die Geschichte der Architektur.

Die Steinkonstruktionen bestehen in dem Aneinanderreihen, Zusammenfügen, Verbinden und Verketten mehr oder weniger bearbeiteter Steine, wobei besonders die Druckfestigkeit des Materials in Anspruch genommen wird.

Erstes Kapitel.

Konstruktion des Mauerwerks.

§ 1.

Allgemeines.

Unter Mauerwerk verstehen wir jede aus einzelnen Steinen zu einem Ganzen künstlich verbundene Masse, und wir nennen solche eine Mauer, solange sie nicht zur Bildung des Fußbodens oder der Decke eines Raumes bestimmt ist, in welch letzteren Fällen entweder ein Pflaster oder ein Gewölbe entsteht.

Man benennt die Mauern verschieden, je nach ihrem jedesmaligen Zweck und ihrer Stellung, oder je nach dem Material, aus dem sie bestehen. In ersterer Beziehung unterscheidet man Grund- oder Fundamentmauern, Kellermauern, Sockelmauern, Hauptmauern, Scheidemauern u. s. w. Diese Namen bezeichnen nur den jedesmaligen Zweck und haben im allgemeinen keinen Einfluß auf die Art der Konstruktion.

Dies ist aber der Fall, sobald das Material oder die Art der Verbindung die Benennung begründen soll, und es sind in dieser Beziehung zu unterscheiden:

a) Mauern aus künstlichen Steinen.
b) Mauern aus natürlichen Steinen.
c) Mauern aus Stampf- und Gußwerk.
d) Mauern aus gemischten Konstruktionen, bei denen die verschiedenen Materialien unter a, b und c zur Herstellung desselben Bauteiles Verwendung finden.

Bei zweckmäßiger Konstruktion müssen die Eigenschaften des Baumaterials berücksichtigt werden, und es kommt vornehmlich dessen Verhalten gegen äußere Beanspruchungen, die Festigkeit, in Betracht. Die Steine besitzen im allgemeinen eine große Druckfestigkeit, während die Zug- und die Biegungsfestigkeit viel geringer sind. Die Steine müssen deshalb namentlich auf ihre Druckfestigkeit ausgenutzt werden, wodurch die Art der Lagerung, die Verwendungsfähigkeit und die Verbindungsweise bedingt werden.

Die Ausnutzung der Druckfestigkeit verlangt, daß die einzelnen Steine, aus denen die Mauerkörper und die Gewölbe hergestellt werden, nicht hohl gelagert sind, sondern daß sie möglichst in der ganzen Fläche aufliegen. Die Lagerflächen sollten deshalb vollkommen ebene Flächen bilden, wie dies bei den Werksteinen der griechischen Tempelbauten der Fall ist, die, wenigstens in den Saumstreifen ebene geschliffene Lagerflächen haben, so daß die Säulentrommeln und die Quader der Cella-Mauern unmittelbar (ohne Mörtel) aufeinander geschichtet werden konnten.[1])

Diese vollständig ebenen Lagerflächen können aber nur bei Werksteinen und auch bei diesen nur mit großen Kosten hergestellt werden. Bei den gewöhnlichen Mauerkonstruktionen ist deshalb eine Substanz nötig, die, zwischen die Steine eingebracht, die Unebenheiten ausgleicht, die Druckübertragung übernimmt. Eine solche Substanz bilden die Mörtel, die außerdem die sehr wichtige Eigenschaft besitzen, in kürzerer oder längerer Zeit zu steinähnlichen Massen zu erhärten, die Steine zusammenzukitten und so die einzelnen Teile zu einer monolithen Masse zu vereinigen.

Diese Eigenschaft ist besonders wichtig für die Mauerwerke aus kleinen und aus unregelmäßig gestalteten Steinen, während sie für die aus schweren Werkstücken hergestellten Konstruktionen wenig in Betracht kommt, weil diese Steine schon durch ihr Eigengewicht eine gesicherte Lage erhalten. Hier dient das 2—6 mm starke Mörtelbett hauptsächlich zur Ausgleichung der Unebenheiten in den Lagerflächen der Steine.

Außer der Druckübertragung muß aber noch eine Druckverteilung im Mauerwerk stattfinden, und es müssen daher zur Erzielung möglichster Festigkeit und möglichster

1) Siehe S. 44, 48 und Kap. II, § 2.

Unverrückbarkeit der einzelnen Steine eines Mauerwerks noch andere Mittel als bloße Verbindung durch den Mörtel zur Anwendung gebracht werden, was um so notwendiger ist, als die Mörtel nur langsam erhärten und die Verkittung der Steine zu einem Ganzen erst nach einiger Zeit eintritt.

Diese Mittel sind:

a) Zweckmäßige Aneinander- und Übereinanderreihung der Steine derart, daß die Stoßfugen in jeder Schicht von den darunter- und den darüberliegenden Steinen gedeckt werden.

Die Regeln, nach denen die Aneinander- und Übereinanderreihung geschehen muß, begreift man unter dem Namen **Steinverband**, und die Verbindung der nach den Regeln des Steinverbandes angeordneten Steine durch Bindemittel (Mörtel) nennt man das **Mauern**.

b) Steinverbindungen durch Hilfsstücke von Stein, Holz oder Metall oder durch besondere Formung der Fugenflächen, wodurch eine Bewegung einzelner Steine unabhängig von den andern verhütet werden soll.

Die Steinverbindungen kommen nur bei Schnittsteinen (Hausteinen, Werksteinen) zur Anwendung, aber stets nur bei gleichzeitiger Anordnung des Steinverbandes.

Wir behandeln zunächst den Verband der Mauern aus künstlichen Steinen, weil bei diesen die Regeln für den Verband die folgerichtigsten sein müssen. Denn da, wo man sich die Steine zu einer Mauer künstlich schafft, die Form also frei bestimmen kann, wird diese Form aus dem Zweck hervorgehen, und da dieser kein anderer ist, als ein möglichst festes Ganze, d. h. einen vollkommenen Verband herzustellen, so müssen auch die Regeln des Verbandes hier am vollkommensten erfüllt werden.

I. Die Mauern aus künstlichen Steinen.

§ 2.

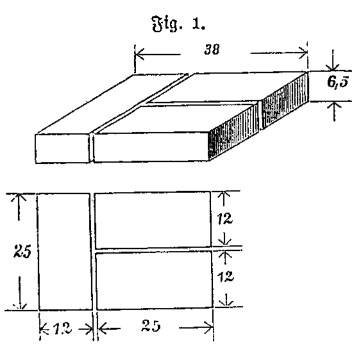
Die künstlichen Steine und die allgemeinen Benennungen.

Zu den künstlichen Steinen rechnet man:

a) Die aus einer plastischen Erdart geformten und entweder nur an der Sonne getrockneten sogenannten Lehmsteine (Luftsteine) oder die im Feuer gebrannten Backsteine (Ziegelsteine).

b) Die Steine, deren Fabrikation auf der Erhärtungsfähigkeit der verwendeten Materialien beruht und die im allgemeinen als Kunststeine bezeichnet werden (die Schlackensteine, die rheinischen Tuff- oder Schwemmsteine, die Korksteine, die Cementbetonsteine, die Kunstsandsteine u. s. w.).

Um einen regelrechten Mauerverband herstellen zu können, müssen die Steine eine parallelepipedische Form derart haben, daß zwei Breitseiten einschließlich der Stoßfuge der Steinlänge entsprechen, Fig. 1. Die Steindicke ist vom Verbande unabhängig und wird nur dadurch beschränkt, daß sich die Steine noch vollkommen gut durchbrennen lassen; mit Rücksicht hierauf wird die Dicke zu 6,5 cm angenommen.

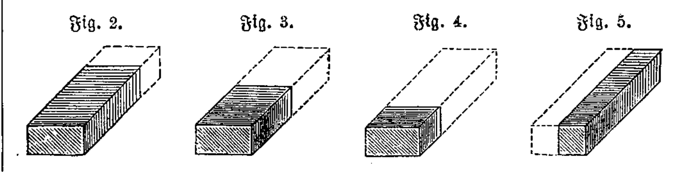


Bei Annahme einer Stoßfugendicke vom 10 mm ist das deutsche Normalziegelformat, das sich überall Eingang verschafft hat, mit 25 cm Länge, 12 cm Breite, 6,5 cm Höhe bestimmt worden.[1])

Bei Mauerwerk mit Flachschichten ist keine Notwendigkeit vorhanden, die Lagerfugen in gleicher Dicke mit den Stoßfugen zu halten; man rechnet daher, da eine Stärke von 10 mm bei Verwendung der gewöhnlichen Mauersteine gering bemessen ist, 12 mm Lagerfugenstärke, wodurch man zugleich den Vorteil erreicht, daß auf 1 m Höhe genau 13 Schichten kommen, was die Austeilung und die Materialberechnung erleichtert.

Zur Herstellung der regelrechten Verbände genügen die ganzen Steine nicht, sondern es sind Teilstücke notwendig, die entweder aus freier Hand zugehauen oder besonders geformt werden und besondere Namen führen:

1. Ein Stück von der ganzen Breite und drei Viertel der Länge heißt Dreiquartier (Dreiviertelstein), Fig. 2.
2. Ein Stück von der ganzen Breite und der halben Länge heißt Zweiquartier (halber Stein), Fig. 3



3. Ein Stück von der ganzen Breite und ein Viertel der Länge heißt Quartier (Einquartier), Fig. 4.
4. Ein Stück von der halben Breite und der ganzen Länge heißt Längsquartier (Riemchen, Riemenstein, auch Kopfstück), Fig. 5.

Um unnützen Verhau zu vermeiden, bestimmt man die Mauerstärken immer als ein Vielfaches der Steinbreiten; man spricht demgemäß von $1/2$ Stein, 1 Stein, $1^1/_2$ Stein u. s. w. starken Mauern.

---

1) Siehe Deutsche Bauzeitung 1869, S. 146, 257, 269, 281.

Die Mauerstärken bestimmen sich hiernach unter Berücksichtigung, daß die Steine vielfach kleine Abweichungen von den festgesetzten Abmessungen zeigen, folgendermaßen, wobei zu bemerken ist, daß nach den amtlichen Bestimmungen diese Maße auch bei den Abrechnungen der Bauarbeiten zu Grunde gelegt werden:

für	1/2	Stein	starke	Mauer	12 cm
„	1	„	„	„	25 „
„	1 1/2	„	„	„	39 „
„	2	„	„	„	52 „
„	2 1/2	„	„	„	65 „
„	3	„	„	„	78 „
„	3 1/2	„	„	„	91 „

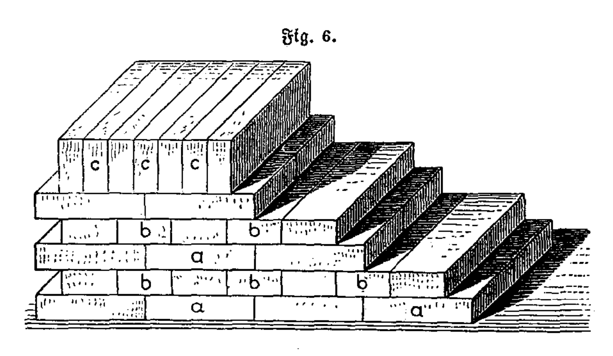
Würden geformte Dreiquartiere zur Verfügung stehen, könnten die Mauerstärken auch um halbe Steinbreiten abgestuft werden.

Die Längenrichtung der Außenseite einer Mauer nennt man ihre Flucht, und die in der Ansichtsfläche der Mauer liegende Fläche eines Steines nennt man das Haupt des Steines; man spricht von einhäuptigem oder von zweihäuptigem Mauerwerk, je nachdem nur eine oder beide Langseiten „fluchtrecht" gemauert sind.

Zur Bildung des Verbandes müssen die Steine in der Mauer verschiedene Lage erhalten, wonach sie benannt werden:

a) Liegen die Steine einer Schicht mit ihrer Länge parallel zur Mauerflucht, so heißt die Schicht eine Läuferschicht und die einzelnen Steine a heißen Läufer, Fig. 6.

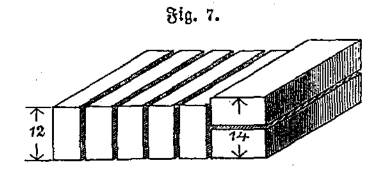
Fig. 6.



b) Liegen die Steine mit ihrer Breite parallel zur Mauerflucht, so heißt die Schicht eine Binder- oder Streckerschicht, die einzelnen Steine b heißen Binder oder Strecker, Fig. 6.

c) Werden die Steine auf die hohe Kante gestellt, wie in Fig. 6 die Steine c, so entsteht eine Rollschicht, und die einzelnen Steine heißen Roller. Bei Rollschichten, die mit Flachschichten in Verband treten, macht sich die Unrichtigkeit des Formates in der Dicke der Normalsteine insofern unangenehm bemerkbar, als die Dicke zweier Flachschichten einschließlich der Fuge 14 cm beträgt gegenüber 12 cm Höhe der Rollschicht, so daß ein Unterschied von 2 cm vorhanden ist, Fig. 7. Da dieser Fall jedoch nur selten vorkommt, so hat man den Übelstand nicht für erheblich genug erachtet, um das Format anders zu bilden.[1])

Fig. 7.



d) Liegen die Steine so, daß keine ihrer drei Abmessungen parallel zur Länge der Mauer ist, so heißt eine solche Schicht eine Strom- oder Kreuzlage; die Steine bilden in der Regel Winkel von 45 oder 60 Grad mit der Längsrichtung der Mauer, Fig. 25.

§ 3.

Allgemeine Regeln für den Mauerverband.

Es giebt eine ziemliche Zahl von Verbandanordnungen für Backsteine, die nicht alle gleichen Wert besitzen. Welchen Verband man aber auch wählen mag, stets wird man folgenden allgemeinen Regeln, die für alle Mauerstärken gelten, nachkommen müssen:

1. Die Stoßfugen in zwei aufeinander folgenden Schichten sollen sich nur kreuzen, aber nicht in dieselbe lotrechte Ebene fallen. Der Verband wird um so fester sein, je mehr Schichten übereinander liegen, deren Stoßfugen nicht in dieselbe lotrechte Ebene fallen.
2. Die Überbindung der einzelnen Steine soll mindestens 1/4 Steinlänge (1/2 Steinbreite) betragen.
3. Eine Mauer muß möglichst viele ganze Steine enthalten; Teilsteine dürfen nur so viele verwendet werden, als zur Bildung des Verbandes notwendig sind.
4. Im Innern der Mauer sind, soweit möglich, nur Binder zu verwenden, um der Tiefe nach eine Überbindung der Steine um 1/2 Steinlänge zu erhalten.
5. Ist die Mauerstärke durch ganze Steinlängen teilbar, so erhalten alle Schichten auf beiden Längsseiten entweder Läuferlagen oder Binderlagen; ist die Mauer aber nur durch halbe Steinlängen teilbar, dann erhalten die Schichten auf einer Längsseite Läufer-, auf der andern Binderlagen.
6. Die Stoßfugen sollen in jeder Schicht immer geradlinig durch die ganze Mauerdicke hindurchgehen.

---

1) Siehe Deutsche Bauzeitung 1869.

§ 4.

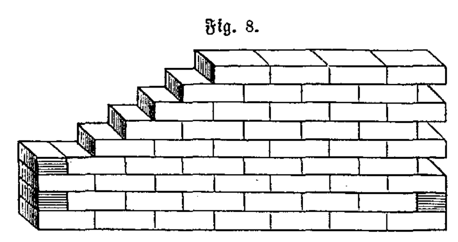
Arten des Backsteinverbandes.

Je nach der Anordnung in der Lage der einzelnen Steine unterscheiden wir folgende verschiedene Arten der Backsteinverbände:

a) Der Schornsteinverband.

Dieser Verband, auch Läuferverband genannt, zeigt nur Läufer in allen Schichten und wird bei $^1/_2$ Stein starken Mauern verwendet. Die Steine überbinden sich

Fig. 8.



um $^1/_2$ Steinlänge und es wird die lotrechte Endigung der Mauer durch Einlegen von Zweiquartieren in jeder zweiten Schicht hergestellt, Fig. 8.

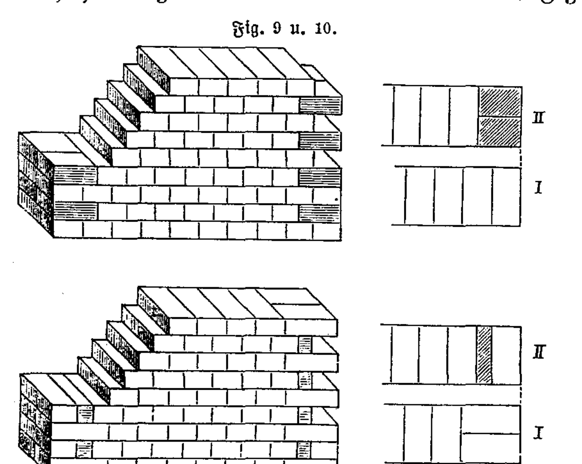
b) Der Binderverband.

Dieser Verband, auch Kopfverband oder Streckerverband genannt, zeigt in der äußern Maueransicht nur Binder und wird bei 1 Stein starken Mauern, runden Mauern, bei den Dampfkaminen, den Backsteinverblendungen und der dekorativen Ausgestaltung der Mauerflächen vielfach verwendet.

Die lotrechte Mauerendigung kann auf zweierlei Art hergestellt werden:

1. Durch 2 Dreiquartiere, die als Läufer in die 2., 4., 6. u. s. w. Schicht eingelegt werden; die ungeraden Schichten beginnen mit einem vollen Binder, Fig. 9.

Fig. 9 u. 10.

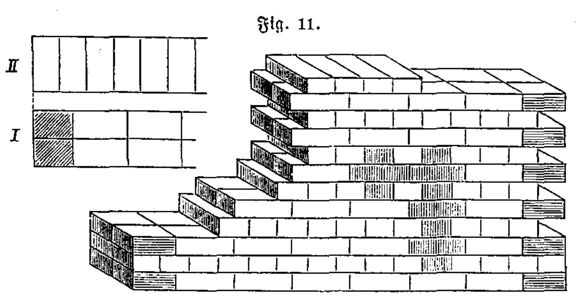


2. Durch Einlegen von Riemchen (Längsquartieren) nach dem ersten Binder in der 2., 4., 6. u. s. w. Schicht; die ungeraden Schichten beginnen mit 2 als Läufer eingelegten ganzen Steinen, Fig. 10.

c) Der Blockverband.

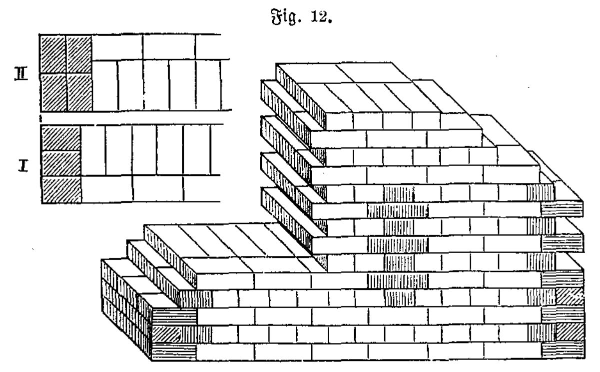
Dieser Verband kommt am häufigsten zur Ausführung und ist für alle Mauerstärken anwendbar. Es wechseln in den Ansichtsflächen der Mauern stets eine Läuferschicht mit einer Binderschicht, und zwar so, daß die Stoßfugen aller Binderschichten sowohl als die aller Läuferschichten

Fig. 11.



lotrecht übereinander stehen. Es wechseln daher stets nur zwei durchaus gleiche Schichten miteinander ab. Die in der äußern Maueransicht sich bildenden Kreuze treffen mit ihren lotrechten Armen auf die Mitten von Läufern, und übereinanderstehende Kreuze greifen ineinander und ergänzen sich gegenseitig. Die Abtreppung zeigt ungleich breite Stufen, weil die Läuferschichten bedeutend vor die Binderschichten vortreten; die Verzahnung zeigt gleichmäßig $^1/_4$ Stein tiefe Lücken, Fig. 11 u. 12.

Fig. 12.

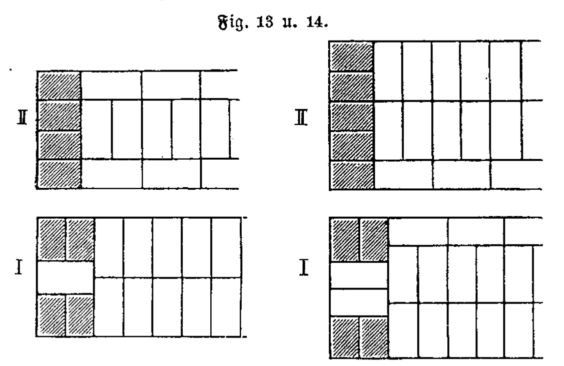


Die lotrechte Endigung der im Blockverbande hergestellten Mauern wird durch Einlegen von Dreiquartieren erreicht, und zwar in folgender Weise:

a) Jede zweite Schicht (etwa die 2., 4., 6. u. s. w., d. h. die geraden Schichten) erhält am Ende so viele Dreiquartiere als Läufer, als die Mauerdicke Steinbreiten enthält (die $2^1/_2$ Stein starke Mauer also 5 Stück Dreiquartiere als Läufer).
b) Die anderen Schichten (also die ungeraden Schichten) erhalten am Ende auf jeder Mauerseite ein Dreiquartier-Binderpaar und zwischen diesen so viele ganze Steine, als dazwischen gehen (bei $2^1/_2$ Stein starker Mauer somit 4 Dreiquartiere und dazwischen 2 ganze Steine). Bei 1 Stein starker Mauer beginnen diese Schichten mit einem ganzen Binder.

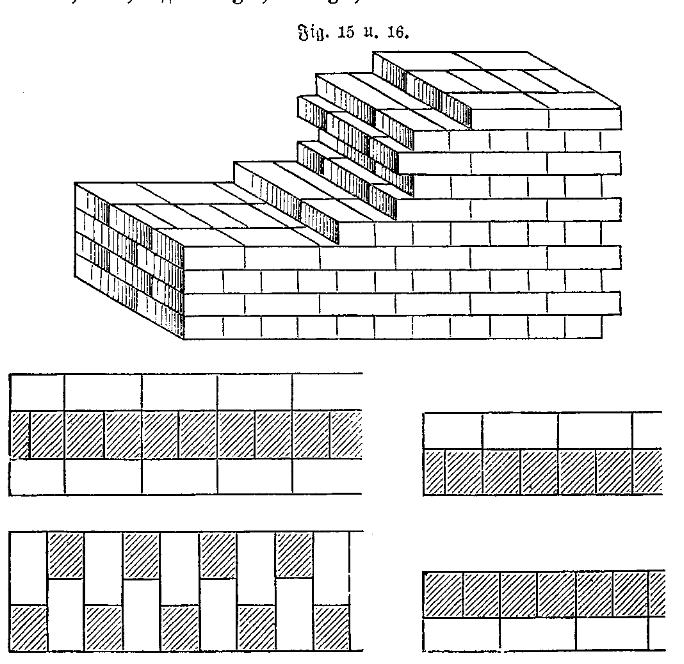
Der Verband kann auch durch Einlegen von Kopfstücken hinter die ersten Binder eingerichtet werden, unter Zuhilfenahme von Dreiquartieren bei Mauern, deren Stärke nur in halben Steinlängen teilbar ist. Beim Spalten der Backsteine zu Riemchen (Kopfstücken) tritt aber leicht Bruch ein, so daß in Wirklichkeit häufig allerlei Ziegelstücke an Stelle dieser Riemchen in das Mauerwerk eingelegt werden,

Fig. 13 u. 14.



und es entsteht an diesen Stellen meist nur eine große, mit Backsteinbrocken schlecht ausgefüllte Mörtelfuge. Insbesondere bei schmalen Fensterpfeilern u. dgl. wird durch Anwendung der Kopfstücke zur Herstellung des Verbandes oft ein recht unsolides Mauerwerk geschaffen, und es sollte deshalb dieser zweifelhafte Verband ganz ausgeschlossen werden. In den Fig. 11—14 ist der Blockverband für verschiedene Mauerstärken dargestellt; die Teilsteine sind durch Schraffierung hervorgehoben.

Fig. 15 u. 16.

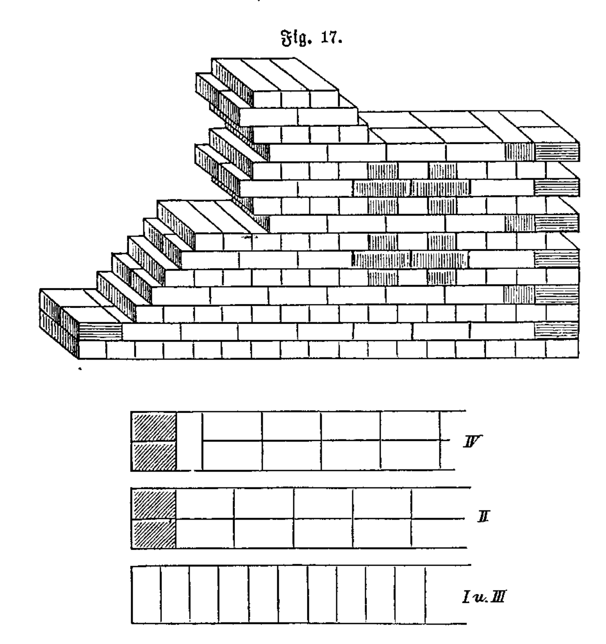


Stehen Dreiquartiere zur Verfügung, so lassen sich in durchaus regelrechtem Verbande auch $1^1/_4$, $1^3/_4$ u. s. w. Stein starke Mauern herstellen; die beistehenden Fig. 15 und 16 zeigen den Blockverband für $1^1/_4$ und $1^3/_4$ Stein starke Mauern, wobei für die lotrechte Endigung der Mauer Dreiviertelsteine und Riemchen verwendet werden müssen.

d) Der Kreuzverband.

Beim Kreuzverbande wechseln wie beim Blockverbande regelmäßig Binder- und Läuferschichten miteinander ab, jedoch so, daß die Stoßfugen der 1., 3., 5. u. s. w. Läuferschicht um eine halbe Steinlänge gegen die Stoßfugen der 2., 4., 6. u. s. w. Läuferschicht verschoben sind. Die Einrichtung des Verbandes erfolgt durch Einlegen von Zweiquartieren in die zuletzt genannten Läuferreihen hinter die das Eck bildenden Dreiquartiere.

Fig. 17.



Die Stoßfugen der Läuferreihen liegen somit nicht in denselben lotrechten Ebenen, vielmehr treffen die Stoßfugen einer Läuferreihe auf die Mitten der Läufer der nächst darunter- und der nächst darüberliegenden Läuferschicht.

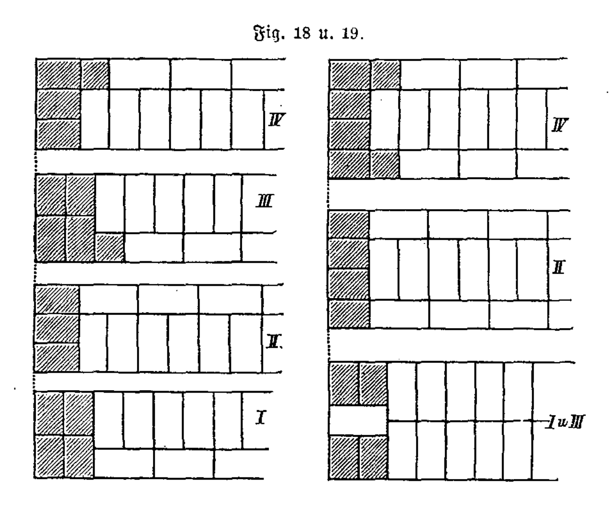
Bei Anlage des Kreuzverbandes in Mauern, deren Stärke in ganzen Steinlängen teilbar ist, sind somit 3 verschiedene Schichten notwendig. (Die Binderschichten I und III sind einander gleich, die Läuferschichten II und IV wechseln regelmäßig ab.) Bei Mauern dagegen, deren Stärke nur in halben Steinlängen teilbar ist, sind 4 Schichten erforderlich, da jede Schicht, die eine innen, die andere außen, eine Läuferlage enthält, die regelmäßig abwechseln.

Beim Kreuzverbande treffen die sich in der Ansicht bildenden Kreuze mit ihren lotrechten Armen auf die Stoßfugen zweier Läufer; diese Kreuze sind voneinander getrennt und gehen nicht wie beim Blockverbande ineinander über; die Abtreppung ist gleichförmig und die Verzahnung zeigt

doppelt abgestufte Lücken, während sich beim Blockverbande ungleiche Abtreppung und einfach abgestufte Lücken ergeben.

Der Kreuzverband wird wegen seines guten Aussehens vorherrschend beim Ziegelrohbau verwendet.

Fig. 18 u. 19.



In den Fig. 17—19 ist dieser Verband für verschiedene Mauerstärken dargestellt; die Zwei- und Dreiquartiere sind durch Schraffierung hervorgehoben.

e) Der gotische oder polnische Verband.

Bei diesem Verbande wechseln in jeder Schicht regelmäßig Läufer und Binder derart, daß die Binder jeder Schicht auf die Mitten der Läufer der anschließenden

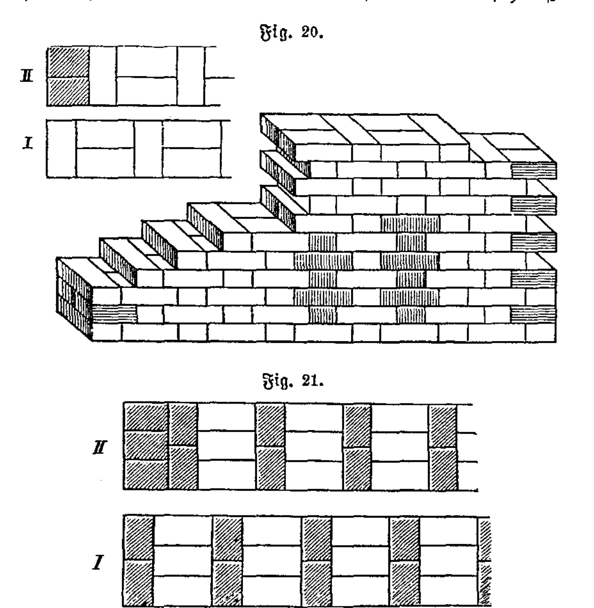


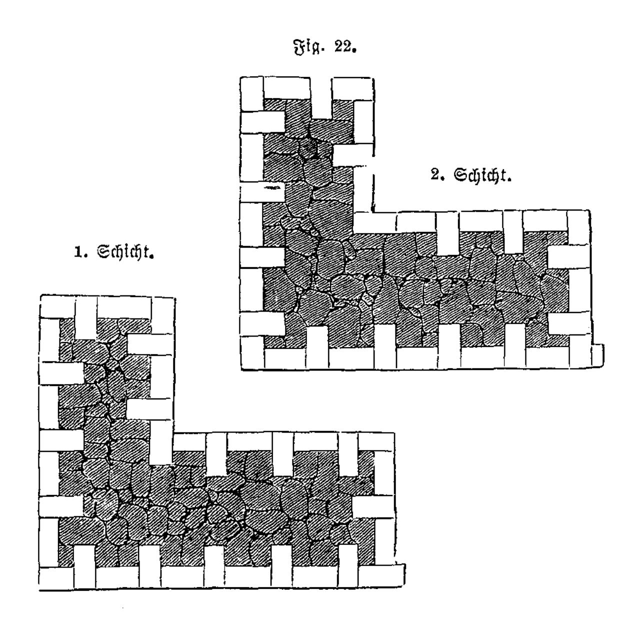
Fig. 20.

Fig. 21.

untern und obern Schicht zu liegen kommen. Fig. 20 u. 21. Die Abtreppung zeigt gleiche Stufen und die Verzahnung einfach abgestufte Lücken. Die lotrechte Endigung der Mauer und die Einrichtung des Verbandes daselbst wird am leichtesten mit Dreiquartieren erreicht.

Dieser Verband hat den Nachteil, daß die Stoßfugen der Läufer auf je $1/4$ Steinlänge aufeinander treffen, und zwar durch die ganze Mauerhöhe durchgehend, und daß zur Herstellung der durchlaufenden Binder Dreiquartiere verwendet werden müssen. Dies giebt aber vielen Verhau, deshalb teure Mauern, und widerspricht dem Grundsatze, daß in jeder Schicht möglichst viele ganze Steine zum Mauerverbande verwendet werden sollen. Der Verband ist deshalb für massive Mauern nicht zu empfehlen; er kann jedoch mit Vorteil zur Verkleidung von Füllmauerwerk (Gußmauerwerk, Beton) Verwendung finden, wie dies im Mittelalter vielfach der Fall war, da dieser Verband bei stetem Wechsel von Läufern und Bindern innig in das Füllmaterial eingreift, Fig. 22.

Fig. 22.



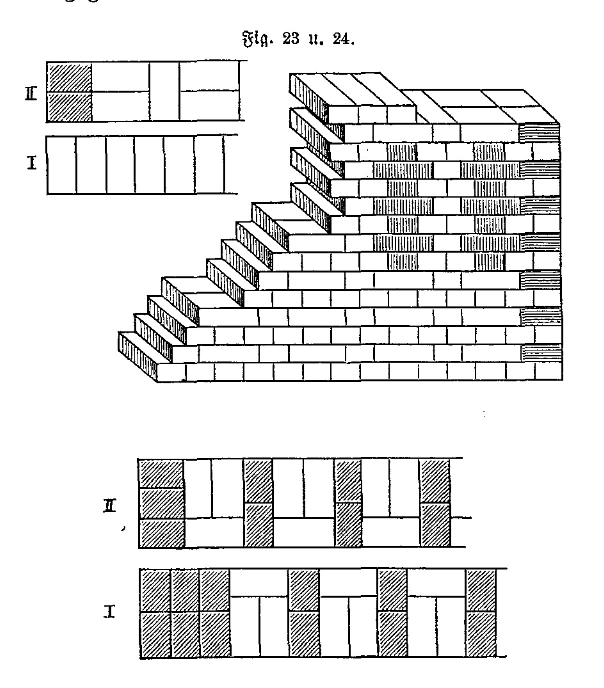
Eine Variante des gotischen Verbandes ist der im norddeutschen Backsteinbau nicht selten vorkommende sogenannte wendische Verband, bei dem in jeder Schicht 2 Läufer mit einem Binder abwechseln. Die Verhältnisse liegen bei diesem Verbande in konstruktiver Hinsicht noch ungünstiger als bei dem vorhergehenden; beide gestatten jedoch eine reichhaltige Abwechslung der Dekorationsmuster ihrer Flächen, und sie kommen daher bei dem dekorativen Backsteinbau in Betracht.

f) Der flämische (holländische) Verband.

Bei diesem Verbande wechseln Binderschichten mit gotischen Schichten ab, d. h. mit solchen, in denen Läufer und Binder zur Ansicht kommen. Dadurch wird das Aufeinandertreffen von Stoßfugen vermieden, der Verbrauch an Dreiquartieren wird aber noch bedeutender, so daß auch dieser Verband für die gewöhnlichen massiven Mauern nicht zu empfehlen ist. Die Verzahnung zeigt einfach abgestufte

Lücken, die Abtreppung zeigt Wechsel von 3 aufeinanderfolgenden $^1/_4$ Stein breiten Stufen mit einer $^3/_4$ Stein breiten, Fig. 23 u. 24.

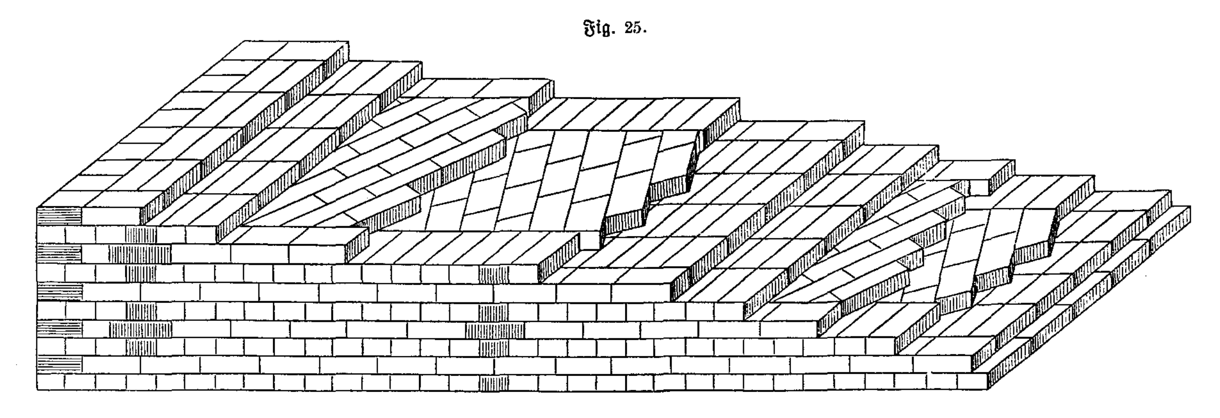
Fig. 23 u. 24.



g) Der Stromverband.

Der Strom- oder Festungsverband eignet sich nur für sehr starke Mauern, wie sie selten im Hochbau vorkommen. Dieser Verband soll besonders beim Wasser- und Festungsbau zur Ausführung gelangen; seine Anwendung gründet sich auf die Annahme, daß durch einen vermehrten Fugenwechsel und durch mehrfach sich kreuzende Steinlagen eine erhöhte Festigkeit des Mauerkörpers erreicht werde. Die Mauern zeigen nach außen abwechselnd Läufer- und Binderschichten nach dem Block- oder dem Kreuzverbande. Im Innern der Mauer aber wechseln zwei gewöhnliche Binderschichten mit zwei sich kreuzenden Schräglagen (Schwing-, Kreuz- oder Stromlagen), die mit den Mauerfluchten Winkel von 45 Grad oder besser 60 Grad bilden. Der Anschluß der Stromlagen an die Längslagen erfolgt mit spitzwinkligen Stücken, die vielen Verhau verursachen, wenn nicht besondere Formsteine zur Verfügung stehen, Fig. 25.

Fig. 25.



§ 5.

Verband der Mauern, die unter einem rechten Winkel zusammenstoßen.

Der Zusammenstoß der Mauern erfolgt meistens unter einem rechten Winkel; die Mauern bilden dann entweder eine Ecke, oder eine Mauer stößt auf die Flucht der andern, oder sie durchkreuzen sich.

a) Die Mauern bilden eine Ecke.

Die Verbandanordnungen lassen sich auf die im § 4 angegebene Herstellung der lotrechten Endigung der Mauern zurückführen, wobei folgende Regeln zu beachten sind:

1. Der Verband wird in der Weise gebildet, daß die innern Fluchten der zusammentreffenden Schichten abwechselnd durchlaufende Fugen bilden.
2. Jede durchgehende Schicht zeigt an der Außenseite der einen Mauer eine Binderlage und an der Außenseite der andern Mauer eine Läuferlage. In den äußeren Ecken muß deshalb in jeder Schicht eine Läuferlage mit einer Binderlage zusammenstoßen.
3. Die Einrichtung des Verbandes erfolgt in gleicher Weise wie für die lotrechte Endigung einer Mauer, nur findet der Abschluß der einzelnen Schichten abwechselnd in der einen und der andern Mauerflucht statt, und zwar jedesmal in dem durchgehenden Mauerteile. Hier werden also so viele Dreiquartiere als Läufer nebeneinander gelegt, als die Mauer Steinbreiten zur Stärke hat; diese Dreiquartiere erscheinen in der andern Mauerflucht als Binder.

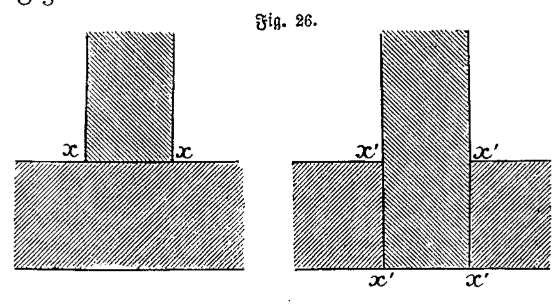
Die Fig. 1—4, Taf. 1, zeigen als Beispiele die Verbandanordnungen zusammenstoßender Mauern von gleicher oder verschiedener Stärke, und zwar für den Kreuzverband; soll die Herstellung im Blockverbande erfolgen, so sind jeweils nur die Schichten I und II auszuführen.

b) Eine Mauer stößt rechtwinklig auf die Flucht einer andern.

Dieser Fall kommt beim Zusammenstoß von Scheidemauern mit Umfassungs- oder mit Mittelmauern vor; der Verband ist in ähnlicher Weise wie beim Eck durchzuführen und es sind die folgenden Regeln zu beachten:

1. Die inneren Fluchten der zusammentreffenden Schichten bilden abwechselnd durchlaufende Fugen x x und x' x', Fig. 26.

Fig. 26.



2. Die in die durchlaufende Mauer eindringenden Schichten der senkrecht aufstoßenden Mauer beginnen mit so vielen Dreiquartieren, als die Mauer Steinbreiten zur Stärke hat.
3. Die den Winkeln zunächst liegenden Stoßfugen der durchlaufenden Schichten sind gegen die Fluchten der stumpf anstoßenden Schichten um 1/4 Steinlänge zu verschieben.

In den Fig. 5 u. 6, Taf. 1, sind mehrere Beispiele der Verbandanordnungen solcher Mauern dargestellt. Für den Blockverband sind die Schichten I und II, für den Kreuzverband die Schichten I—IV notwendig.

c) Die Mauern durchkreuzen sich rechtwinklig.

Der Verband dieser Mauern stellt sich einfach, solange jede der sich durchkreuzenden Mauern in gleicher Stärke durchläuft, da in diesem Fall die Mauerendigungen fehlen und deshalb die Anwendung von Dreiquartieren überflüssig wird. Es sind dann nur die Regeln 1 und 3 des vorhergehenden Falles zu berücksichtigen, d. h. es sind abwechselnd die Schichten der beiden Mauern durchzuführen und die den Winkeln zunächst liegenden Stoßfugen der durchgehenden Schichten um 1/4 Steinlänge gegen die Fluchten der stumpf anstoßenden Schichten zu verschieben. Taf. 2, Fig. 1.

Wenn die Mauern aber nicht in gleicher Stärke durchlaufen, sondern sich die Mauerstärken am Durchkreuzungspunkte ändern, so sind die unter b und c gegebenen Regeln zu kombinieren. Es sind also die durchgehenden Schichten, soweit sie nicht weiterlaufen, durch Dreiquartiere abzuschließen und im übrigen die Stoßfugen um 1/4 Steinlänge gegen die anstoßenden Fluchten zu verschieben. Die Fig. 2, Taf. 2, zeigt ein Beispiel einer solchen Mauerdurchkreuzung.

§ 6.
Verband der Mauern, die unter einem spitzen oder stumpfen Winkel zusammentreffen.

Im allgemeinen werden die Regeln für den Verband rechtwinkliger Mauern auch hier gelten, doch erfordert die Eckanlage besondere Aufmerksamkeit, da die rechtwinkligen Backsteine zur Bildung des spitzen oder des stumpfen Winkels vielfach verhauen werden müssen. Die Ecksteine sollen nicht zu klein werden, und die zugehauenen Steine sollen in den Fluchten möglichst wenig verhauene Flächen erhalten, da durch das Verhauen die besonders witterungsbeständige Kruste der Mauersteine entfernt wird; auf die vorspringende Ecke soll niemals eine Stoßfuge treffen, und die Stoßfugen sollen womöglich senkrecht zu den Mauerfluchten stehen.

Die für rechtwinklig zusammenstoßende Mauern gegebene Regel, die inneren Mauerfluchten abwechselnd als Stoßfugen durchgehen zu lassen, ist bei den unter spitzem oder stumpfem Winkel zusammentreffenden Mauern nicht immer durchführbar; insbesondere beim stumpfen Winkel nimmt man hiervon Umgang, und es ist am zweckmäßigsten, von der innern Ecke aus in den übereinander liegenden Schichten abwechselnd Stoßfugen senkrecht zu der einen und der andern Mauer anzuordnen.

Bei spitzwinkligem Anschluß der Mauern läßt man am besten die äußere Läuferreihe einer Mauer bis zur Ecke durchgehen und verlängert die innere Flucht der andern Mauer als Stoßfuge bis zu dieser Läuferreihe.

Die Fig. 3—6, Taf. 2, zeigen mehrere Beispiele solcher Anordnungen im Blockverbande; die weiteren Schichten für den Kreuzverband können hiernach leicht gezeichnet werden.

Wenn eine Mauer spitzwinklig auf die Flucht einer andern stößt, oder wenn sich die Mauern spitzwinklig durchkreuzen, so wird im allgemeinen nach den gleichen Grundsätzen zu verfahren sein. Die Fig. 1—3, Taf. 3, in denen einige Beispiele dargestellt sind, werden weitere Erläuterungen überflüssig machen.

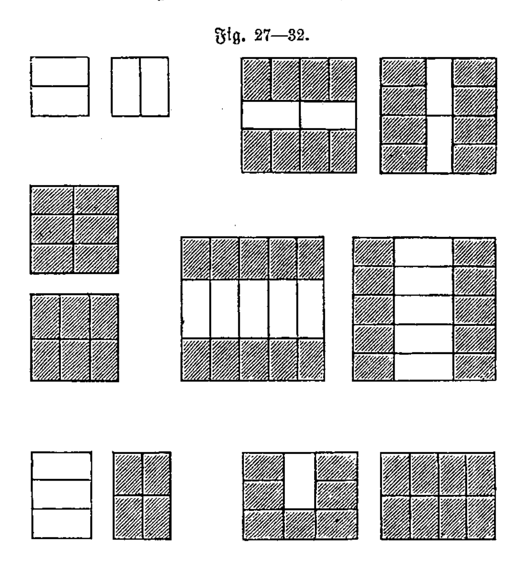
§ 7.
Backsteinverbände für freistehende Pfeiler.

Freistehende Pfeiler von rechteckigem Querschnitte sind als kurze Mauern anzusehen, und es gelten daher dieselben Regeln, die zur Bildung der Eckverbandanlagen bei lotrechten Mauerendigungen gegeben wurden. Je beschränkter die Pfeiler in ihren Abmessungen sind, um so näher rücken diese Eckverbandanlagen zusammen.

Bei Austeilung des Verbandes ist es wichtig, darauf zu achten, daß möglichst nur ganze Steine und Dreiquartiere zur Verwendung kommen; der unsolide Verband

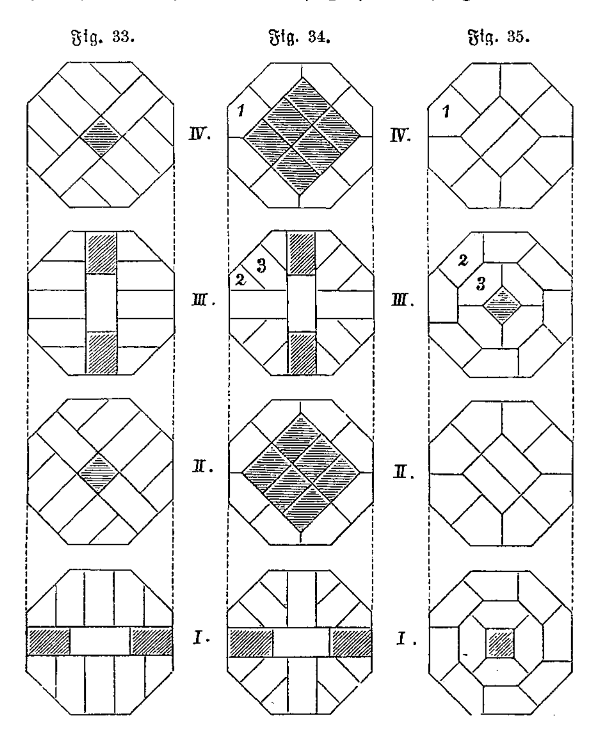
mit Längsquartieren ist zu vermeiden oder nur da anzuwenden, wo er überhaupt nicht umgangen werden kann. Die Fig. 27—32 zeigen einige Beispiele, zu denen keine näheren Erläuterungen erforderlich sind.

Fig. 27—32.



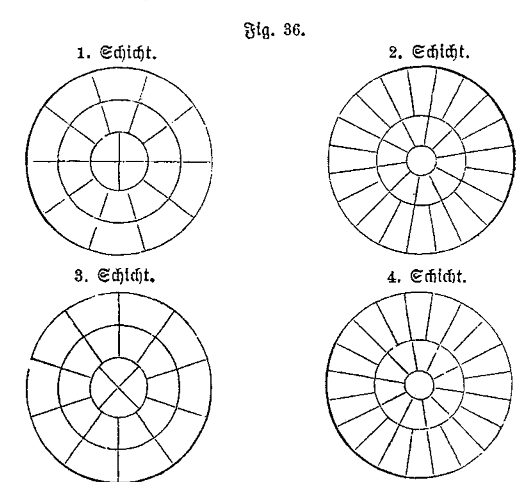
Polygonale Pfeiler, unter denen sich die regelmäßig achteckigen am häufigsten finden, können nach Fig. 33 aus gewöhnlichen Backsteinen durch Zuhauen hergestellt werden.

Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.



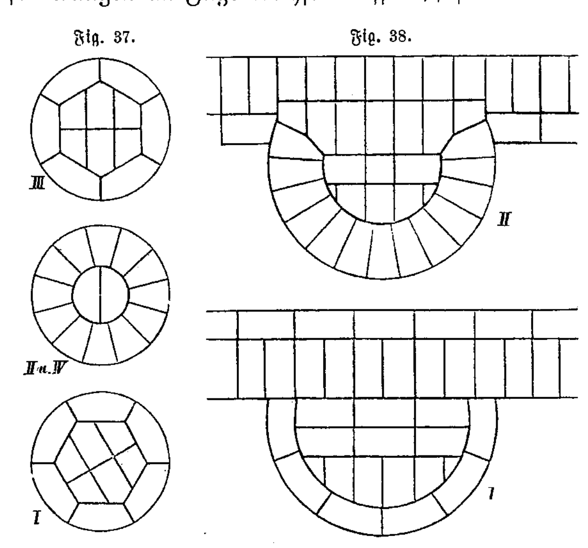
Die Verbandanordnung entspricht allen Anforderungen an Fugenwechsel und Überdeckung der Steine, doch zeigt sie einen bedeutenden Mangel in den in der sichtbaren Fläche stark verhauenen spitzwinkligen Ecksteinen. In allen Fällen, in denen es sich um unverputzt bleibende Pfeiler handelt, sollten deshalb Formsteine Verwendung finden. In den Fig. 34 u. 35 sind zwei Anordnungen aus Formsteinen für Kreuzverband dargestellt, der wegen des häufigen Fugenwechsels entschieden den Vorzug verdient. Beide Anordnungen sind mit je drei Formsteinen ausführbar.

Fig. 36.



Bei Herstellung der runden Pfeiler aus gewöhnlichen Backsteinen liegen die Verhältnisse noch ungünstiger, da hier alle Steine in der Außenfläche verhauen werden müssen, und es kann deshalb nur eine unvollkommene Darstellung der äußern Form erreicht werden. Wenn daher auch der Verband, wie er Taf. 4, Fig. 4 u. 5 dargestellt ist, den Anforderungen an Fugenwechsel entspricht, so kann er doch

Fig. 37. Fig. 38.

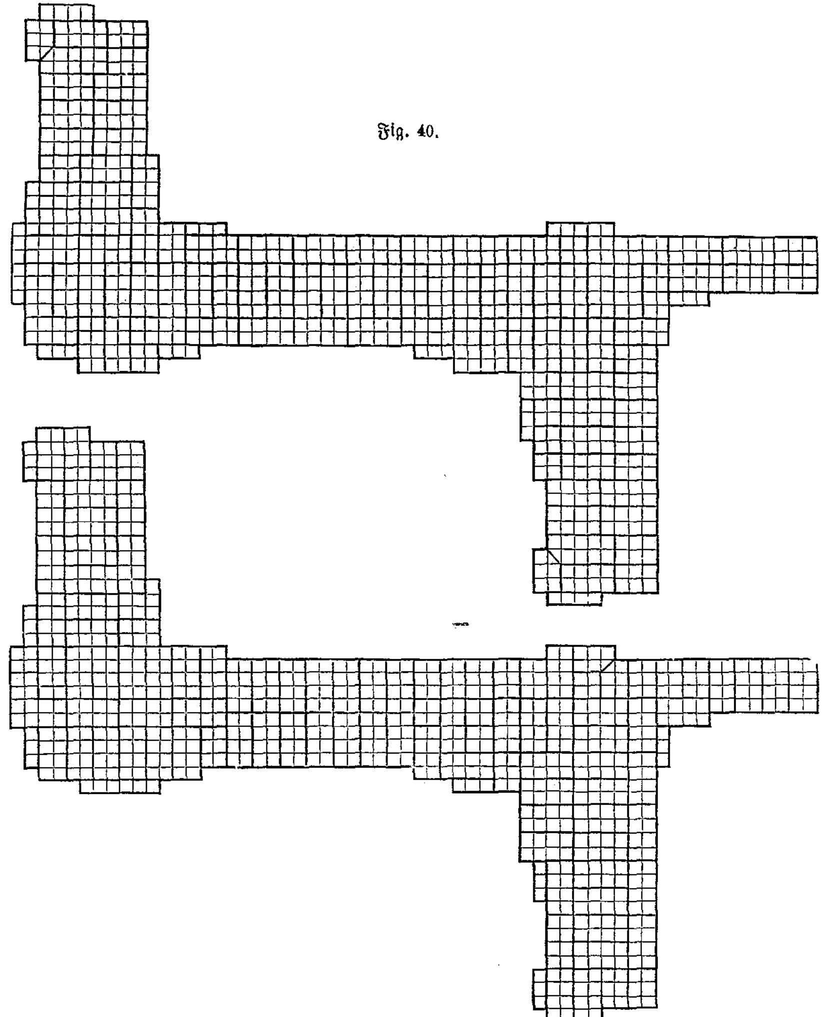


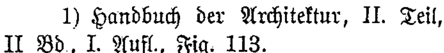
nur Anwendung finden, wenn es sich um Herstellung einiger wenigen zu verputzenden Pfeiler handelt. Sollen die Pfeiler unverputzt bleiben, oder handelt es sich um eine größere Anzahl, so sind unbedingt Formsteine anzuwenden, bei deren Austeilung besonders darauf zu achten ist, daß die Stoßfugen normal auf das zugehörige Bogenelement gerichtet sind. Die Fig. 36 u. 37 zeigen zwei verschiedene Anordnungen für Kreuzverband.

Bei Halbsäulen in Verbindung mit Mauern kann der Säulenkern aus gewöhnlichen Backsteinen hergestellt werden; die Formsteine bleiben auf die äußeren Schichten beschränkt. Mauer und Halbsäule sind in gutem Verbande auszuführen und Fig. 38 giebt ein Beispiel einer solchen Anordnung.

Fig. 39 [1]) zeigt den Verband von Backsteinsäulen aus Pompeji.

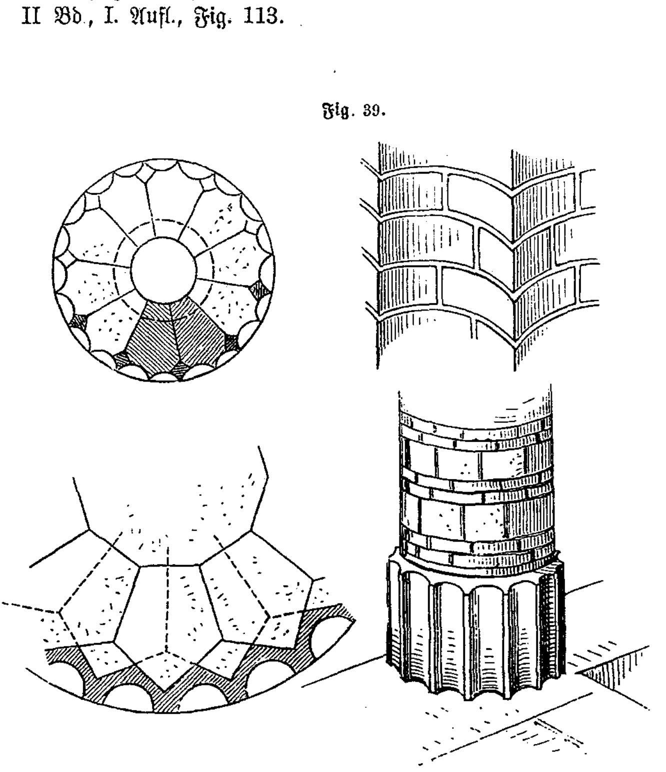
Verschiedene Formen von Freistützen mit Vorlagen sind auf Taf. 4 dargestellt. Fig. 1—3 zeigen Pfeiler von quadratischer Kernform mit rechteckigen Vorlagen. Der Verband ist mit Zwei- und Dreiquartieren so hergestellt, daß dieselbe Schicht, um als folgende dienen zu können, um 90 Grad gedreht wird. Dasselbe gilt für Fig. 6 u. 10, nur mit dem Unterschiede, daß hier Formsteine angewendet werden müssen; auch bei den Pfeilerformen Fig. 7—9 sind Formsteine notwendig, wogegen der Pfeilerkern aus gewöhnlichen Backsteinen hergestellt werden kann.


Fig. 40.



1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II Bd., I. Aufl., Fig. 113.

Fig. 39.



§ 8.

Verband für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkligen Vorlagen.

Erhalten die Mauern einzelne Vorlagen oder Verstärkungen (Lisenen, Pilaster, verstärkte Mauerecken u. dgl.), so ist der Verband nach den bisher besprochenen Regeln durch Einlage der entsprechenden Anzahl von Drei- und Zweiquartieren und, wenn erforderlich, anderer Teilstücke einzurichten. Es muß dabei vorausgesetzt werden, daß alle Längen und alle Vorsprünge als Vielfache von Viertelsteinlängen bemessen werden, was sich stets einrichten läßt.

Die Einrichtung des Verbandes bei solchen mehr oder weniger reich gegliederten Mauerkörpern läßt sich durch Zeichnung sogenannter „Fugennetze" wesentlich vereinfachen, deren Anordnung darauf beruht, daß soviel wie möglich ganze Steine verwendet werden sollen, und daß sich die Steine von Schicht zu Schicht um $^1/_4$ oder $^1/_2$ Steinlänge überbinden müssen.

Überzieht man somit die Querschnittsfläche des Mauerkörpers mit einem quadratischen Fugennetz von $1/4$ Steinlänge + Fuge = $6 1/2$ cm, so müssen die sämtlichen Fugen aller Schichten in die Linien dieses Fugennetzes fallen. Unter Berücksichtigung der vorstehend gegebenen Regeln wird dann mit Hilfe eines solchen Netzes die Einrichtung des Verbandes auch in zusammengesetzten Fällen keine besonderen Schwierigkeiten bieten; Fig. 40, 41 u. 42 zeigen das Verfahren, das keiner weitern Erläuterung bedarf,[1]) und es ist nur zu bemerken, daß Fig. 41 u. 42 zwei verschiedene Verbandanordnungen für denselben Pfeiler zeigen.

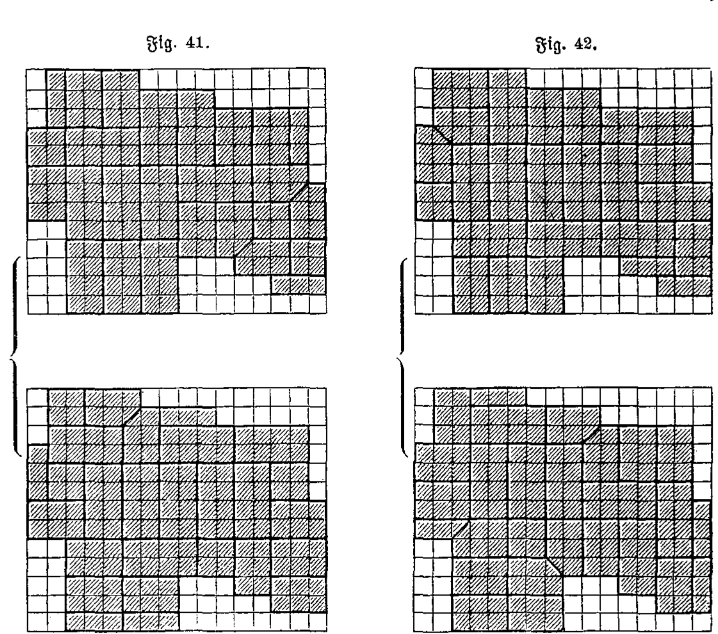

Fig. 41. Fig. 42.

Fig. 4—6 Taf. 3 geben einige weitere Beispiele, an denen zugleich gezeigt ist, wie im reinen Backsteinrohbau bei den Fenster- und Thürpfeilern die Vorlagen nach dem Lichten der Öffnung gewöhnlich gebildet werden, um die Anschläge für die Verschlüsse zu erhalten.

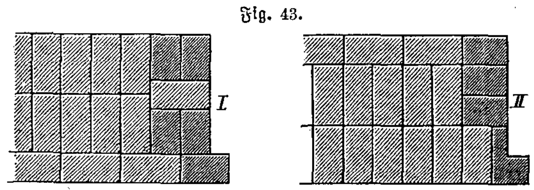


Fig. 43.

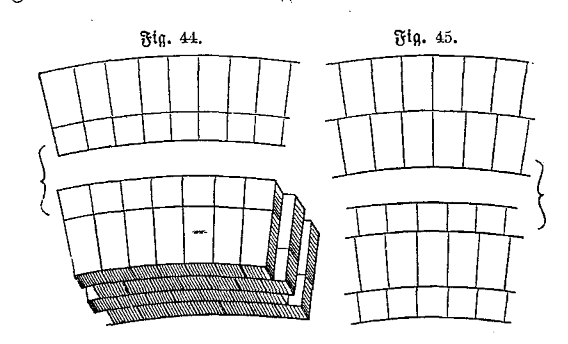
Es zeigt sich dabei der Übelstand, daß je in der zweiten Schicht der Anschlag durch ein Quartierstück gebildet werden muß; diese kleinen auf drei Seiten freiliegenden Stücke, die sich leicht aus dem Verbande loslösen, beeinträchtigen die Festigkeit des Anschlagstreifens, und es empfiehlt sich deshalb die Anwendung besonderer Formsteine, wie solche in Fig. 43 zur Herstellung des Verbandes angenommen sind.

1) Deutsche Bauzeitung 1897 Nr. 92.

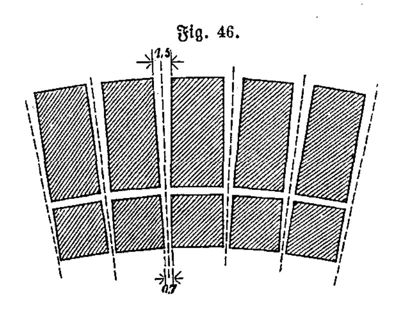
§ 9.

Verband für runde Mauern.

Der Verband in runden Mauern mit großen Krümmungshalbmessern ist in derselben Weise wie bei den geraden Mauern anzuordnen, und es werden regelmäßig Läufer- und Binderschichten nach dem Block- oder dem Kreuzverbande miteinander abwechseln. Bei Verwendung der gewöhnlichen Backsteine bilden sich schwach keilförmige Fugen, und die Fluchten der Mauern werden nicht rund, sondern polygonal; die große Zahl und die Kleinheit dieser Polygonseiten wird aber die Abweichung von der runden Form kaum bemerken lassen.


Fig. 44. Fig. 45.

Bei kleinen Radien bilden insbesondere die Läufer mehr in die Augen fallende Ecken, die sich dadurch vermeiden lassen, daß man den Binderverband


Fig. 46.

wählt und also die Läufer durch halbe Steine, Kopfstücke, ersetzt, Fig. 44. Je nach der Dicke der Mauern bilden sich bei abnehmendem Radius immer stärkere keilförmige Fugen, die jedoch außen nicht über 15 mm, innen nicht unter 7 mm breit sein sollen, Fig. 46. Stärkeres Klaffen der Fugen läßt sich dadurch verhüten, daß man die Stoßfugen nicht ununterbrochen durch die ganze Mauerdicke hindurchgehen läßt, sondern jede Ringschicht für sich und unabhängig von den anderen mit durchschnittlich 1 cm breiten Stoßfugen mauert, Fig. 45. Es werden bei dieser Anordnung hier und da kurze Teile der radialen Stoßfugen in zwei aufeinander folgenden Schichten zusammentreffen, was jedoch für die Festigkeit der Mauer belanglos ist.

Bei kleinen Krümmungshalbmessern werden zur Darstellung der runden Form außerdem keilförmige Formsteine

Fig. 47.

notwendig, wie solche vornehmlich bei dem Bau der runden Fabrikschornsteine zur Anwendung kommen.

Diese Schornsteine, die in dem hoch entwickelten industriellen Bauwesen der Jetztzeit eine wichtige Rolle spielen, werden am zweckmäßigsten von Spezialgeschäften ausgeführt.

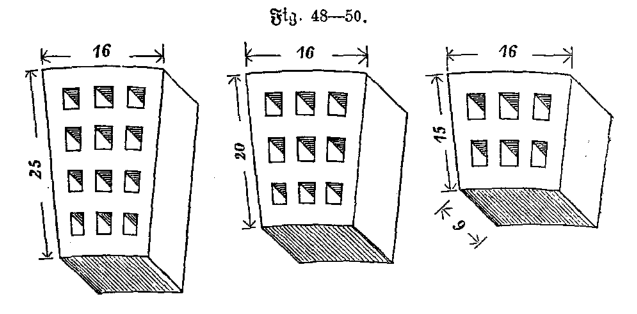
Wegen der Wichtigkeit dieser Bauwerke sollen die nötigen Angaben für deren Bau hier beigefügt werden.[1])

§ 10.

Bau der runden Fabrikschornsteine.

1. Die statische Berechnung siehe Band IV dieses Handbuches, wo sich auch die Angaben über die Bestimmung der Höhe und der Lichtweite finden.
2. Die günstigste Querschnittsform ist die runde, da sie die drehende Bewegung des aufsteigenden Rauches befördert, die kleinste Abkühlungsfläche bietet, die geringste Masse erfordert, die gleiche Stabilität nach allen Seiten besitzt, dem Winde die geringste Angriffsfläche darbietet und am gefälligsten aussieht.
3. Der Schornstein erhält eine Verjüngung, in der Regel 2 cm auf 1 m, d. h. die „Dossierung" des Schornsteins beträgt $^1/_{50}$.
4. Die obere Wandstärke soll mindestens 15 cm betragen, bei Säulen über 1,40 m oberer lichter Weite mindestens 20 cm.
5. Die Wandungen werden nach unten in Absätzen verstärkt, und zwar durchschnittlich auf 4—6 m Höhe um 5—6 cm, oder auf 10—12 m Höhe um 12—13 cm, Fig. 47. Die genaueren Abmessungen müssen durch Rechnung ermittelt werden.
6. Die Vermauerung der keilförmigen Formsteine erfolgt im Kopfverbande; die Längen der Steine betragen 15, 20, 25, oft auch 30 und 35 cm. Die Steine über 30 cm Länge bieten aber in der Herstellung große Schwierigkeiten, und da sie auch in der Festigkeit gewöhnlich den kleineren Steinen nachstehen, sollte man von ihrer Verwendung absehen. Die Breite der Steine beträgt 12—18 cm, die Dicke 6,5—9 cm. Diese dickeren Steine erschweren das Trocknen und den Brennprozeß und geben erheblichen Ausschuß; sie sollten deshalb senkrecht zum Lager durchlocht werden, wodurch sie wegen des dichteren Gefüges größere Festigkeit erhalten und durch die eingeschlossene Luft schlechtere Wärmeleiter werden. Fig. 48—50 zeigen die Steine, die Ingenieur H. R. Heinicke in Chemnitz zum Bau der Fabrikschornsteine verwendet.

Fig. 48—50.



Zur Vermeidung großer Stoßfugen und zur Herstellung der verschieden großen Ringe müssen die Steine für verschiedene Durchmesser angefertigt werden. (So liefert Heinicke die 10, 15, 20 cm langen Steine für 9 und die 25 cm-Steine für 8 verschiedene Durchmesser.

Mit Hilfe dieser Steine ist es möglich, die verschiedenen Wandstärken bei verschiedenen Durchmessern auszuführen, wie dies Fig. 51 näher erläutert, in welcher die Verbände für Wandstärken bis zu 52 cm dargestellt sind.[1])

Die Wandstärken ergeben sich aus der Zusammensetzung der einzelnen Steine unter Zurechnung der 1 cm starken Stoßfugen:

31 cm aus 10 + 20 + 1 Stoßfuge
36 „ „ 10 + 25 + 1 „
41 „ „ 15 + 25 + 1 „
47 „ „ { 10 + 25 + 10 + 2 Stoßfugen / 20 + 25 + 1 Stoßfuge }
52 „ „ 20 + 20 + 10 + 2 Stoßfugen

1) Siehe auch Band IV dieses Werkes, S. 15—28.

1) Nach gefälligen Mitteilungen des Hrn. Ingenieurs Heinicke in Chemnitz.

57 cm aus 10 + 20 + 25 + 2 Stoßfugen
62 „ „ 25 + 20 + 15 + 2 „
67 „ „ 15 + 25 + 25 + 2 „
u. s. f.

Fig. 51.

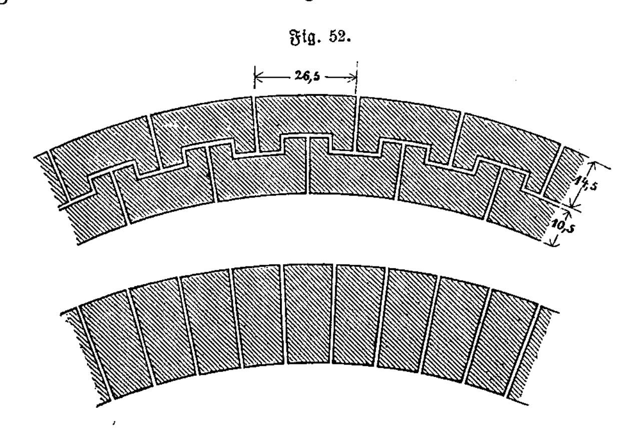
In einzelnen Gegenden, so z. B. im Saargebiete, erfolgt die Ausführung häufig im Läufer- und Binderverbande, und es müssen dann für jedes Kamin die Formsteine besonders bestimmt und angefertigt werden; es kommen Steine bis 18 cm Breite und 38 cm Länge zur Verwendung, die jeweils nach dem mittlern Querschnitte der einzelnen Absätze bestimmt werden.

Diese Ausführungsweise ist umständlich und kostspielig, bietet gegenüber der in Fig. 51 dargestellten Anordnung keine Vorteile, auch nicht hinsichtlich der Festigkeit, und es ist deshalb die Herstellung mit Formsteinen im Kopfverbande entschieden vorzuziehen.

Auch die Anordnung nach Taf. 5, Fig. 1 u. 2, wonach die Stärke der Kaminwandungen allmählich abnimmt, ohne daß sich im Innern Absätze bilden, verlangt die Herstellung besonderer Formsteine, für deren Bestimmung die Kaminhöhe in eine Anzahl gleicher Teile von 2,00—2,20 m Höhe zerlegt wird; die Formsteine werden jeweils nach dem mittlern Querschnitte eines jeden Teiles ermittelt. Die Austeilung ist aus den Grundrissen Fig. 3—7 zu entnehmen.

Eine besondere Anordnung ergiebt sich für die sogenannten Mantelkamine, die doppelte in lotrechter und wagerechter Richtung miteinander verbundene Wandungen erhalten. Taf. 5, Fig. 8 u. 9 zeigen ein solches, bei dem 16 senkrechte Zungen, Fig. 9, und 2 wagerechte Verbindungen bei s und t, Fig. 8, angeordnet sind. Obgleich diese Konstruktionen den Anforderungen an Materialersparnis, Standfestigkeit und geringe Abkühlung der innern Wandungen entsprechen, werden sie doch selten ausgeführt, da sie umständlicher herzustellen sind, daher mehr Arbeitslohn erfordern und hinsichtlich der geringen Abkühlungsfähigkeit kaum einen Vorzug gegenüber den mit Hohlsteinen gemauerten vollen Wandungen besitzen.

Fig. 52.



Der sogenannte Ferbeck'sche Klammerverband, bei dem gewöhnliche Binderschichten mit solchen abwechseln, in denen die einzelnen Backsteine klammerartig ineinandergreifen, Fig. 52, hat nur theoretischen Wert, weil bei der

Kleinheit und dem geringen Gewichte der einzelnen Steine die Festigkeit des Mauerwerks von dem guten und rasch bindenden Mörtel abhängig ist, der die über- und nebeneinander geschichteten Steine zu einem festen Ganzen verkittet; das genügende Übereinanderbinden der einzelnen Steine wird aber bei den gewöhnlichen Mauerverbänden und dem vornehmlich angewendeten Binderverbande vollkommen erreicht.[1])

Als Mörtel sollte aber nur guter hydraulischer Kalk mit scharfem Sande und mindestens 10 Proz. Portland-Cement-Zusatz verwendet werden, damit die Schornsteinsäule im stande ist, einem während der Ausführung oder alsbald nach ihrer Fertigstellung ausbrechenden Sturme genügenden Widerstand entgegenzusetzen.[2])

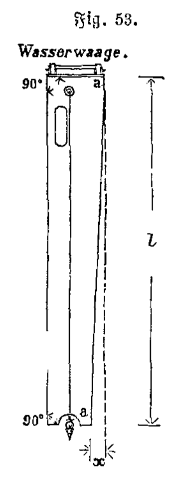


Fig. 53.

Die Ausführung der Säule geschieht ohne äußeres Gerüst, von innen aus in der Weise, daß der Maurer den Umfang der Säule über dem Postament genau kreisrund aufträgt, in 8 Teile einteilt und diese Teilpunkte aufwärts lotet; er verwendet hierzu ein sog. Dossierungsscheit, Fig. 53, das an der Kante a a nach Maßgabe der Dossierung abgeschrägt ist $\left(\text{gewöhnlich } \frac{x}{l} = \frac{1}{50}\right)$ und entweder mit einem Senkel oder besser, wegen der Unabhängigkeit vom Luftzuge, mit einer Wasserwage versehen ist. Steht die Wage in allen Teilpunkten, oder in den nach und nach aufwärts geloteten Teilstrichen, in denen das Dossierungsscheit angelegt wird, genau wagerecht, dann werden die oberen Querschnitte in der jeweils entsprechenden Verjüngung ebenfalls genau kreisrund und die Achse der Säule lotrecht sein müssen.

Bei höheren Schornsteinen pflegt man, um sicher zu gehen, alle 8—10 m durch ein im Innern herabgelassenes Lot die äußere Lotung zu kontrollieren.

Um beim Bau des Schornsteins, dessen Lichtweite dann mindestens 60 cm betragen muß, im Innern stehen zu können, werden in Abständen von ca. 1,25 m Eisen a a, Fig. 54, die wieder herausgenommen werden können, eingebracht und mit passenden Bohlen b b belegt. Außerdem werden in Entfernungen von 40 zu 40 cm Steigeisen c, Fig. 54 eingemauert, die dauernd bleiben und zum Besteigen des Schornsteins, sowie zur Festhaltung des zum Bauen nötigen Krahns dienen, und die noch den Vorteil bieten, daß der Krahn dem Fortschritte des Baues entsprechend sicher nach oben geschoben werden kann. Er wird nach Fig. 54 durch Keile befestigt.

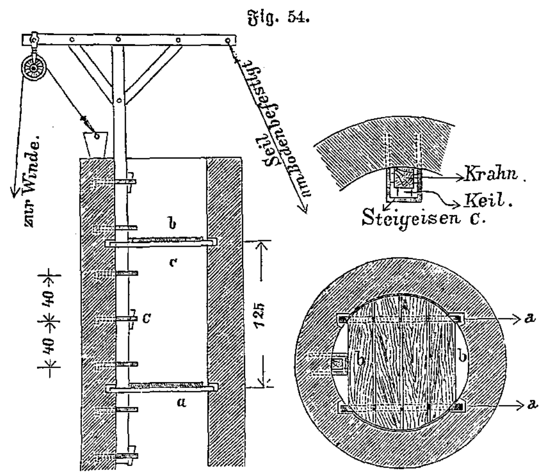


Fig. 54.

Die Fundation dieser Schornsteinsäulen hat mit größter Vorsicht zu erfolgen, um einseitige Senkungen zu verhüten. Es soll deshalb der Baugrund höchstens mit 1,5 kg pro qcm belastet werden. Die unterste durchgehende Fundamentsohle besteht aus einer Portlandcement-Betonschicht von 0,60—1,25 m Dicke und einer Breite $= \frac{1}{10} - \frac{1}{7}$ der ganzen Höhe des Schornsteins, Fig. 47. Da der horizontale Feuerzug das Fundament des Kamins unterbricht und mit

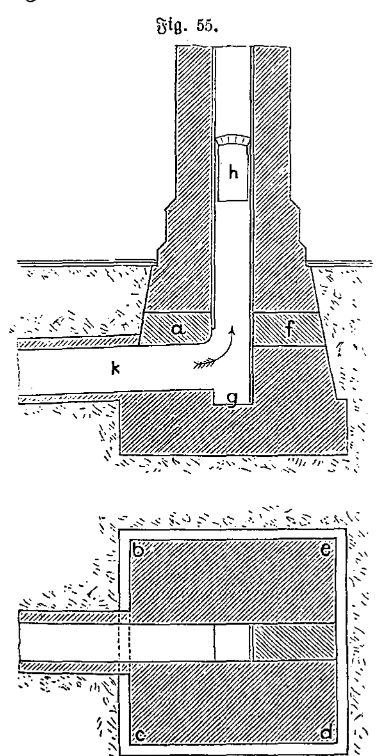


Fig. 55.

einem Bogen a, Fig. 55, überwölbt werden muß, so werden die Teile b und c einen größeren Bodendruck erhalten als die Teile d und e; um daher eine Ausgleichung der

1) Nach einer gefälligen Mitteilung der Hrn. J. Ferbeck & Co. in Lintert-Aachen kommen diese Steine nur noch in besonderen Fällen zur Anwendung, da sie den Bau ziemlich verteuern.

2) Siehe Centralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 185.

Bodenpressung zu erreichen, wird ein gleicher Bogen f in der Verlängerung des wagerechten Zuges hergestellt und die Öffnung später nach vollständiger Setzung des Mauerwerks ausgemauert.

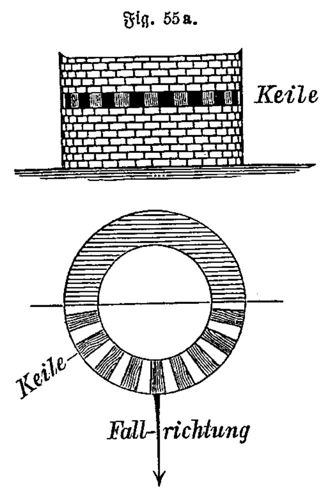
Das Kamin ist im untern Teile, in einer Höhe, bis zu der die Feuergase noch einen sehr hohen Hitzegrad haben, mit einem Futter aus feuerfesten Steinen auszukleiden, Taf. 5, Fig. 2 u. 8, das mit einem Mörtel aus 1 Teil Chamottemehl und 1 Teil magerem Thon aufzuführen ist. Zwischen dem Futter und dem Schornsteingemäuer ist eine Luftisolierungsschicht anzuordnen, die am unteren und am oberen Ende durch wagerechte Kanälchen mit der äußern Luft in Verbindung steht, um eine Entweichung der heißen Luft zu bewirken.

In neuerer Zeit werden von **Herrmann & Voigtmann** in Chemnitz statt der vollgemauerten Schornsteinrohre solche von Stampfbeton zwischen Mänteln aus klammerartigen Backsteinen (ähnlich wie in Fig. 52) ausgeführt, die sich in Bezug auf Standfestigkeit und Feuersicherheit gut bewährt haben sollen. Um sorgfältiges Einbringen und Einstampfen des Betons zu sichern, wird stets nur eine Schicht des äußern und des innern Steinmantels aufgemauert, und dann auf die Steinhöhe von 6,5—10 cm der Beton eingelegt und eingestampft. Dieser besteht aus 1 Tl. Cement, 4 Tl. scharfem Sand und 5 Tl. grobem Kies oder Schotter. Sobald die Wandstärke der Säule unter 30 cm sinkt, wird mit Radialsteinen bis zur Schornsteinmündung voll gemauert.

Durch ungleiche Setzungen oder durch Witterungseinflüsse kommt es vor, daß sich Schornsteine nach einer Seite neigen. Das **Geraderichten** erfolgt am einfachsten durch Sägeschnitte auf der konvexen Seite, die mit stählernen Steinsägen in den Mörtelfugen ausgeführt werden; solche Einschnitte sind in entsprechenden Abständen so viele anzubringen, bis der Schornstein seine senkrechte Stellung wieder angenommen hat. So haben z. B. die Herren **Munscheid & Jeenicke** in Dortmund für die Gelsenkirchner Bergwerks-Aktien-Gesellschaft einen Schornstein von 96 m Höhe, der 3,50 m aus dem Lot gewichen war und dessen Einsturz täglich befürchtet wurde, ohne Betriebsstörung wieder geradegerichtet.

Das **Niederlegen** von alten Schornsteinen, die nicht mitten in Gebäuden, sondern wenigstens an einer Seite freistehen, kann durch Sprengung, wesentlich sicherer aber in folgender Weise geschehen: Um das Umfallen zu bewirken, wird dem Schornstein die Stabilität genommen, und zwar dadurch, daß auf der Seite, wohin er fallen soll, 2 oder 3 Steinschichten herausgenommen werden. Die Fugen werden an der Fallseite mittels einer Säge aufgeschnitten, und nachdem die Mittellinie der Fallrichtung genau auf dem Schornstein aufgetragen ist, von dieser Linie aus gleichmäßig nach beiden Seiten hin fortschreitend die Steine ausgebrochen und entsprechende Keile eingeschoben, Fig. 55a. Nachdem der halbe Ring entfernt worden ist, werden die Keile gelockert, und diese schließlich von der Mitte ausgehend, gleichmäßig nach beiden Seiten hin herausgenommen. Nach dem Ausziehen der letzten Keile wird sich der Schornstein, der sich vorher schon gesenkt hat, langsam herüberneigen, bis er ungefähr einen Winkel von 54° mit der Erde bildet, und dann mit stets zunehmender Schnelligkeit fallen. Während des Fallens hört man ein Krachen, das von dem Platzen der Fugen herrührt, Staubwolken entstehen, der im Schornstein befindliche Ruß dringt durch alle Fugen und aus der Mündung heraus, und ehe der Schornstein noch die Erde erreicht, hat eine mächtige schwarze Wolke ihn umgeben, aus der nur der dumpf dröhnende Ton des Aufschlages dringt. Sobald die Staubwolken sich verzogen haben, wird man finden, daß der Fall genau nach der vorgesehenen Richtung erfolgte, und daß der Bruch an Material nur sehr gering ist. Die ganze Arbeit nimmt nur wenige Stunden in Anspruch.[1])

Fig. 55a.



§ 11.

Verband für hohle Mauern.

Mauern mit Hohlräumen, d. h. mit isolierenden Luftschichten werden zur Verhinderung der Fortpflanzung des Schalles bei Verwendung möglichst geringer Materialmengen bei Innenmauern, vornehmlich aber zur Warm- und zur Trockenhaltung der Außenmauern der Gebäude ausgeführt und haben sich z. B. in den Küstengegenden Norddeutschlands seit Jahrzehnten gut bewährt, wenn die Ausführung sorgfältig und mit besten Materialien erfolgt.

Die Warmhaltung, d. h. der Schutz gegen Temperaturausgleich zwischen Außen- und Innenluft verlangt eine abgeschlossene, völlig ruhende Luftschicht, die Trockenhaltung,

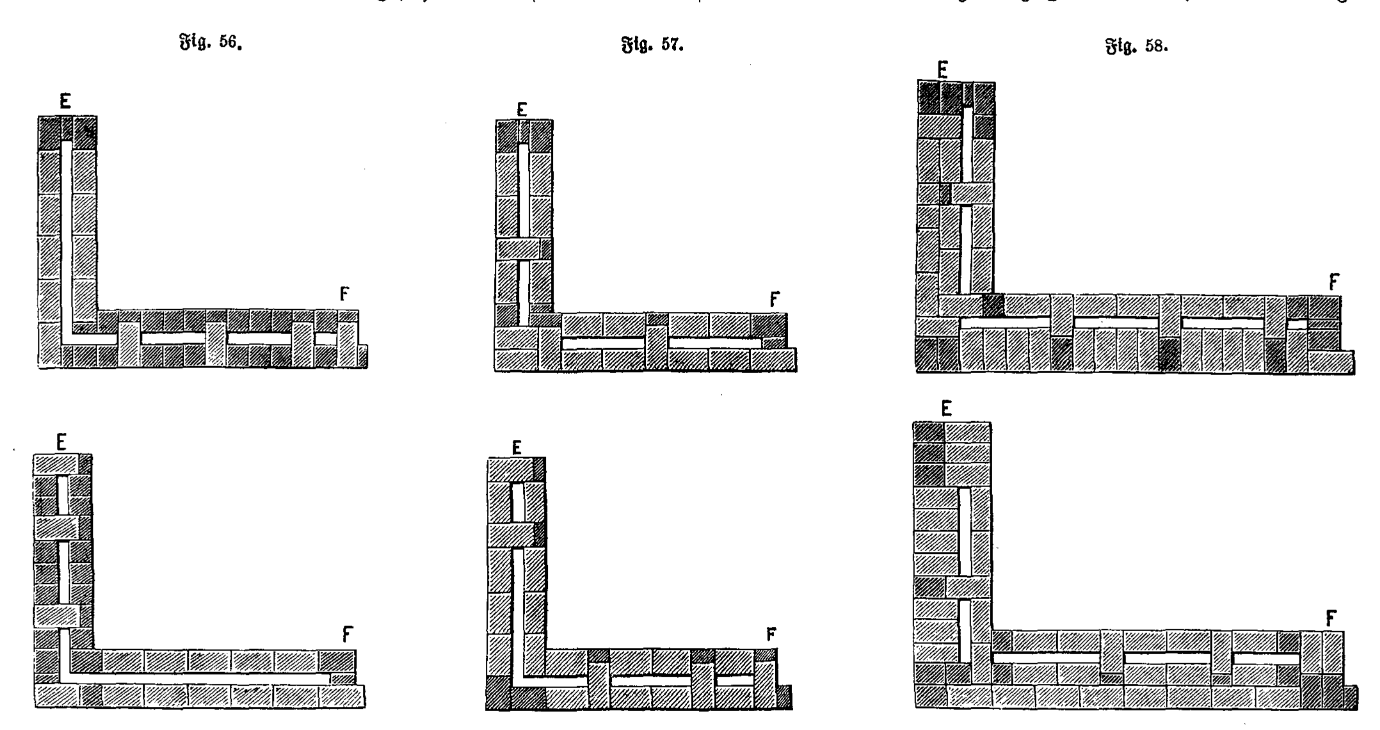
---

1) Aus einem in der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ 1894, Nr. 21 mitgeteilten Vortrag des Herrn Ingenieurs **H. Self**, Direktor der Firma **Alphons Custodis** in Düsseldorf, die das Niederlegen in der hier beschriebenen Weise ausführt. — Über ein anderes, aber weniger Sicherheit bietendes Verfahren, bei dem eingesetzte Holzunterstützungen abgebrannt werden, siehe Deutsche Bauzeitung 1900, Nr. 60.

d. h. der Schutz gegen Durchschlagen von Feuchtigkeit (Schlagregen) dagegen bedingt eine offene Luftschicht, da sie nicht nur die Nässe abzuhalten, sondern auch abzufangen und abzuleiten hat. Dieselbe Luftschicht kann also den beiden Forderungen in vollkommener Weise nicht entsprechen, immerhin wird aber bei richtiger Ausführung und nicht zu dünnen Mauerschalen die Luftschicht den Wärmeausgleich und die Übertragung der Feuchtigkeit erschweren. Solange nicht durch strenge, sachliche und langjährige Beobachtungen an ausgeführten Konstruktionen die guter hydraulischer oder verlängerter Cementmörtel verwendet werden sollte.

Da die Luftschichten zum Zweck der Isolierung durch die ganzen Längen und Höhen der Mauern durchgeführt werden sollen, so müssen zur Erreichung der erforderlichen Standfestigkeit der Mauern die beiden Mauerschalen durch entsprechende Verbindungskonstruktionen unter sich verbunden und wieder zu einem einzigen Konstruktionsteile vereinigt werden, um ihnen den durch die Hohlräume genommenen Teil der Stabilität zurückzugeben. Diese Verbindungs-

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58.



Schädlichkeit[1]) der Hohlmauern nachgewiesen wird, dürfte die Konstruktion zur Ausführung immer noch zu empfehlen sein in allen Fällen, wo in feuchten Gegenden (im Küstengebiet u. s. w.) trockene Wohnungen mit geringsten Mitteln erstellt werden müssen. Die äußere Mauerschale muß aber mindestens 1 Stein stark sein, um das Durchschlagen der Feuchtigkeit zu verhüten, wogegen die innere Schale, wenn sie nicht gebälktragend ist, $^1/_2$ Stein stark ausgeführt werden kann. Die Trockenhaltung der Mauer verlangt nun aber für die äußere Mauerschale ein Ziegelmaterial, das selbst möglichst wenig undurchdringlich ist; es muß deshalb wetterbeständig und von dichtem Gefüge sein und eine angesinterte Oberfläche haben, was durch scharfen Brand erreicht wird. Ebenso muß aber auch der zur Aufmauerung dienende Mörtel wasserdicht sein, weshalb nur teile dürfen aber selbst nicht zu Feuchtigkeitsleitern werden; sie müssen deshalb ebenfalls von dichtem Material sein und werden in heißen Asphaltlack (Goudron) getaucht, um das Überleiten der Feuchtigkeit sicher zu verhindern.

Die einfachste Art der Verbindung erfolgt durch Binder- oder Ankersteine, die, in Entfernungen von $1^1/_2$—2 Steinlängen alternierend eingelegt, die ca. 6 cm auseinanderstehenden Mauerschalen miteinander verbinden. Die Fig. 56 bis 58 zeigen einige gebräuchliche Anordnungen für $^1/_2$ und 1 Stein starke Mauerschalen.

Eine Verbesserung in der Herstellung dieser Hohlmauern zeigt eine Konstruktion, die Schmölke mit Erfolg ausgeführt hat;[1]) diese in Fig. 59 dargestellte Konstruktion unterscheidet sich dadurch, daß die einzelnen Binder zwischen den Mauerschalen durch Binderpfeiler ersetzt sind, die von unten bis oben durchgehen und ungefähr 1 m voneinander entfernt stehen. Die Standsicherheit der Mauern

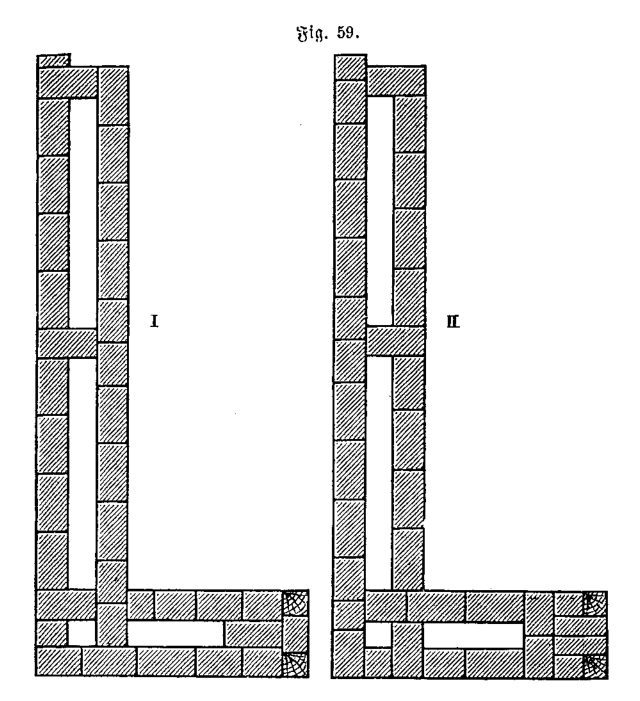
1) Die Luftschicht soll den Temperaturausgleich beschleunigen und Veranlassung zu Schwitzwasserbildungen geben. Siehe Centralblatt der Bauverwaltung 1898, Nr. 9, 10, 15 A, 22 A, 27, 27 A, 30 A, 45 A.

1) Deutsche Bauzeitung 1883, S. 37.

wird durch diese Anordnung wesentlich erhöht und Ablagerungsplätze für herabfallenden Mörtel werden vermieden.

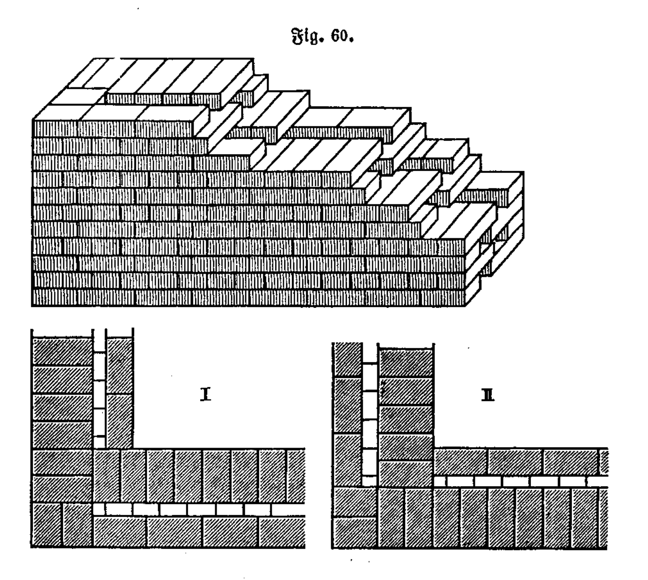
Beachtung verdient eine von Müschen[1]) mitgeteilte, im Großherzogtum Mecklenburg-Schwerin vielfach übliche

Fig. 59.



Anordnung mit umspringenden Luftisolierschichten, Fig. 60, wobei die Zwischenräume der übereinanderliegenden Schichten voneinander getrennt, die beiden Mauerteile dagegen

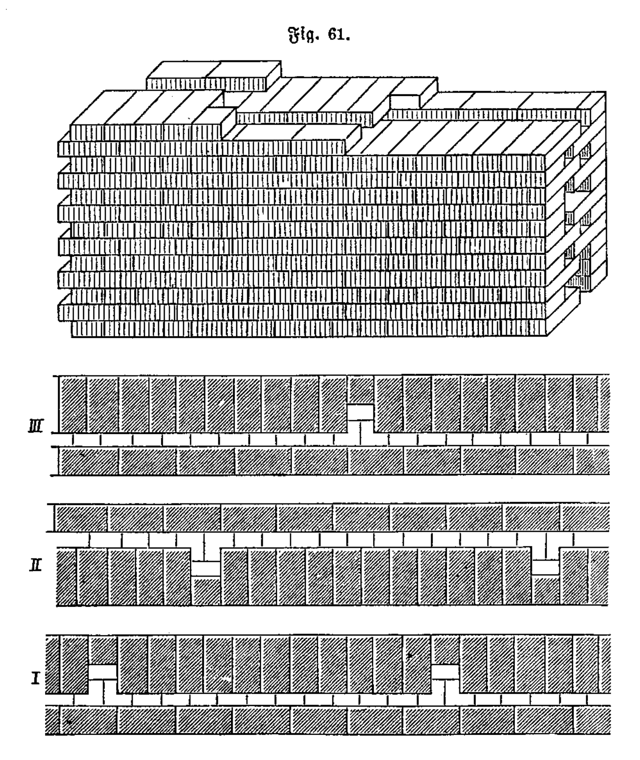
Fig. 60.



in innigster Weise miteinander verbunden sind. Eine Verbesserung dieser Anordnung empfiehlt Bettstaedt[2]) dadurch, daß durch stellenweise Anwendung eines Zweiquartiers statt eines ganzen Binders eine Verbindung der umspringenden Isolierräume hergestellt wird, wie dies Fig. 61 zeigt.

Diese Hohlmauern mit umspringenden Isolierschichten empfehlen sich für die Zwecke der Trockenhaltung jedoch nur wenig, da die Überleitung der Feuchtigkeit auf die ganze Ausdehnung der Mauer möglich gemacht ist.

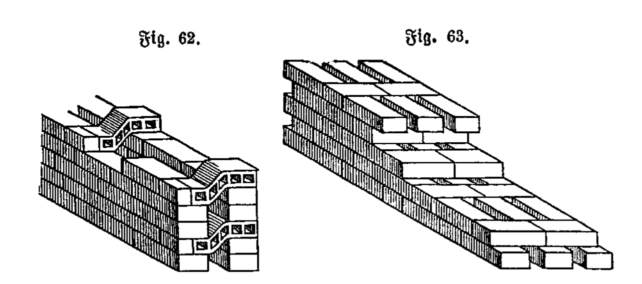
Fig. 61.



Der in dem Zwischenraume herabfallende und auf den Bindersteinen sich lagernde Mörtel ist häufig Ursache, daß durchdringende Feuchtigkeit auf die innere Schale übertragen wird. Der auf den Bindersteinen liegenbleibende Mörtel ist deshalb vor dem Höhermauern zu beseitigen.

Besser als die gewöhnlichen Ziegelsteine eignen sich als Ankersteine die in England vielfach verwendeten aus Steinzeug hergestellten Jennings improved patent bonding bricks, die in Fig. 62 dargestellt sind. Sie sind in der

Fig. 62. Fig. 63.



Weise geformt und vermauert, daß die inneren Köpfe um eine Schicht höher liegen als die äußeren; auf den Steinen sich sammelnde Feuchtigkeit fließt abwärts, und herabfallender Mörtel sammelt sich in dem äußern tiefer

1) Baugewerks-Zeitung 1884, S. 375.

2) Desgl., S. 111.

liegenden Winkel, so daß die innere Wand von Feuchtigkeit frei bleibt.[1])

Zur Erzielung trockner und warmhaltender Mauern werden neuerdings doppelte Hohlräume empfohlen;[2]) in Fig. 63 ist eine 2 Stein starke Mauer mit 2 je 7 cm breiten Hohlräumen aus 3 je $^1/_2$ Stein starken Schalen dargestellt.

Statt durch Bindersteine kann die Verbindung der beiden Mauerteile in vorteilhafter Weise durch eiserne Klammern erfolgen, wodurch die vorstehend erwähnten Nachteile vermieden werden. Diese Klammern sind durch sorgfältigen Anstrich, oder besser durch Verzinken oder Verbleien gegen das Rosten zu schützen.

In Norddeutschland werden diese Klammern aus 5 × 10 mm oder 3 × 13 mm starken Flacheisen hergestellt, die an den Enden umgebogen und entweder in die Stoßfugen eingedrückt werden, oder die dünne Mauerschale an der Außenseite fassen, Fig. 64 u. 65.[3])

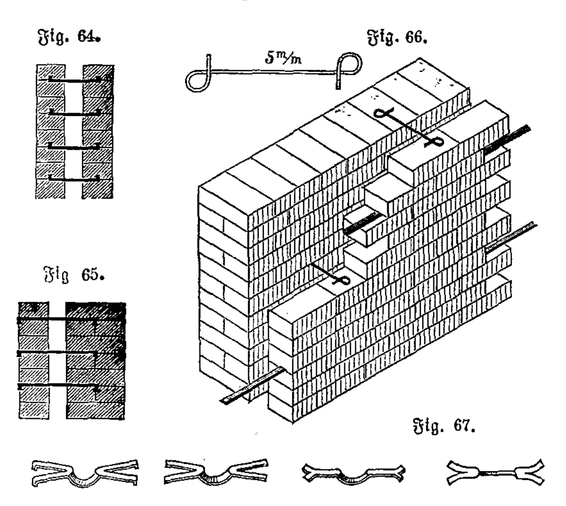


Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67.

Die in England gebräuchlichen, aus Guß- oder Schmiedeeisen hergestellten Klammern sind in Fig. 67 dargestellt; der in dem Hohlraume liegende Teil ist so gestaltet, daß das Liegenbleiben des Mörtels ausgeschlossen ist.

In Amerika[4]) werden galvanisierte, 5 mm starke, mit Schleifen versehene Stahldrähte nach Fig. 66 in Abständen von ca. 80 cm in die Lagerfugen des Mauerwerks verlegt, da mit Recht angenommen wird, daß die durch die große Auflast hervorgerufene starke Reibung ein klammerartiges Eingreifen in die Stoßfugen überflüssig mache. Die große Widerstandsfähigkeit, Billigkeit und Handlichkeit der Drähte, die Eigenschaft, als vollkommene Nichtleiter der Feuchtigkeit sichere Gewähr für ein trockenes Innere zu bieten, der Wegfall von Verhau und die Nachgiebigkeit bei ungleichem Setzen der beiden Mauerteile sind nicht zu unterschätzende Vorteile dieser Konstruktion.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., S. 42.
2) Haarmanns Zeitschrift f. Bauhandwerker 1887 u. 1888.
3) Centralblatt der Bauverwaltung 1892, S. 487.
4) Und auch in Wilhelmshaven u. Umgebung, s. Centralblatt der Bauverwaltung 1892, S. 487 u. 531.

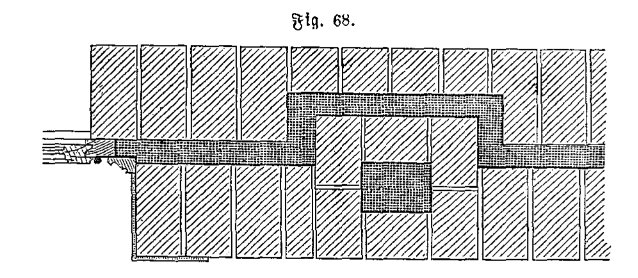
Bei den $^1/_2$ Stein starken Schalen, namentlich bei denen von bedeutender Länge empfiehlt es sich, Reif- oder Flacheisen von 2—3 mm Dicke und 40 mm Breite in die Lagerfugen einzubetten, wodurch die Widerstandsfähigkeit des noch frischen Mauerwerks gegen Längsspannungen und gegen seitliche Beanspruchungen außerordentlich erhöht wird, Fig. 66.

Wenn auch diese Bandeisenstreifen durch die Einwirkung des Kalkmörtels nach und nach zerstört werden, so ist dies nicht von Belang, da inzwischen der Mörtel vollkommen erhärtet und dadurch die Widerstandsfähigkeit der Mauer eine sehr bedeutende geworden ist.

Um das Austrocknen des Mauerwerks zu befördern und um eine trockene Luftisolierschicht zu erhalten, wird empfohlen,[1]) die Zwischenräume an den Fenster- und Thürleibungen nicht zuzumauern, sondern offen zu lassen und sie erst bei Herstellung der Putzarbeiten durch Drahtgewebe und Putz oder durch Leisten zu schließen, Fig. 68.

Die Anlage von Kaminen und Ventilationszügen in den als Hohlmauern konstruierten Umfassungsmauern ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden, Fig. 68

Fig. 68.



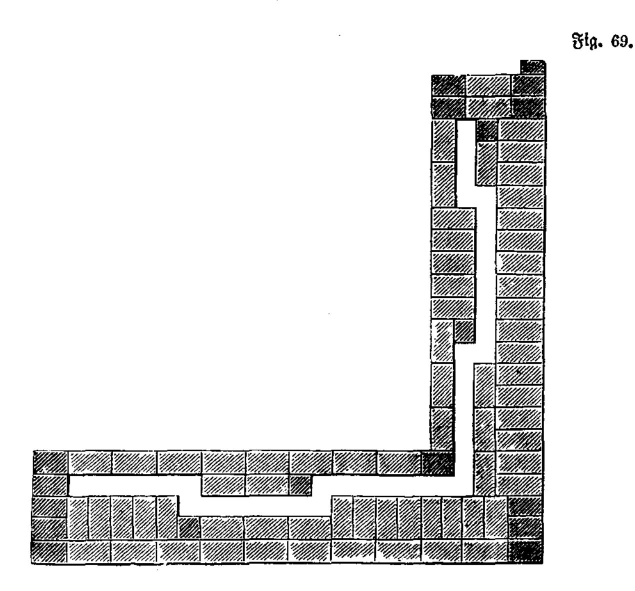
Eine andere Anordnung der als Hohlmauern konstruierten Umfassungsmauern zeigt Fig. 69, bei der die beiden Mauerhälften bei einem Zwischenraume von $^1/_2$ Stein Breite im Zickzack ausgeführt sind, so daß durch die vielen Verstärkungspfeiler eine erhöhte Standfestigkeit der Mauern erreicht wird. Die Verbindung der beiden Mauerhälften, die bei dieser Konstruktion in geringerem Umfange notwendig erscheint, geschieht am zweckmäßigsten durch Einlegen von Bindeeisen oder Bindedrähten.

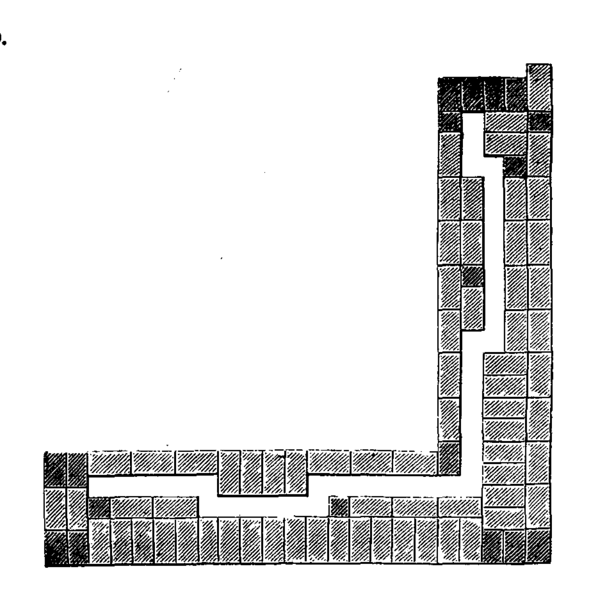
Zur Abhaltung der Erdfeuchtigkeit von den Kellermauern werden ebenfalls isolierende Luftschichten angeordnet, und zwar an der Außenseite der Mauer, Fig. 70. Zu dem Zweck wird auf eine Abgleichschicht der Fundamente a b, ca. 15 cm unter dem Kellerboden, eine isolierende Schicht aus Gußasphalt 1 cm stark, oder aus 8 mm starken Asphaltfilzplatten aufgebracht, die das Aufsteigen der Erd-

1) Baugewerkszeitung 1891, S. 946.

feuchtigkeit von unten her verhindern soll; darauf kommt eine ½ Stein starke Vormauerung in Cementmörtel mit 6—7 cm Abstand vom Kellermauerwerk zu stehen. Die Ankersteine d d, deren Köpfe geteert sein müssen, stellen die nötige Verbindung her; oberhalb ist das Isolierungsmauerwerk mit einer doppelten Flachschicht abgedeckt.

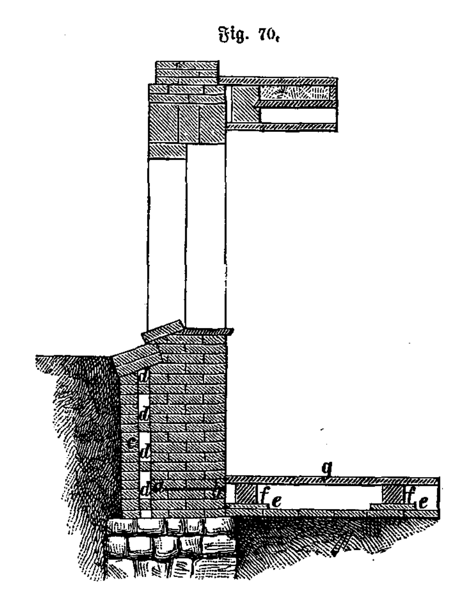
Fig. 69.





Es empfiehlt sich, die Isolierungsmauer nach erfolgter Austrocknung auf ihrer Außenseite mit heißem Asphalt mehrmals anzustreichen, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhindern

Fig. 70.

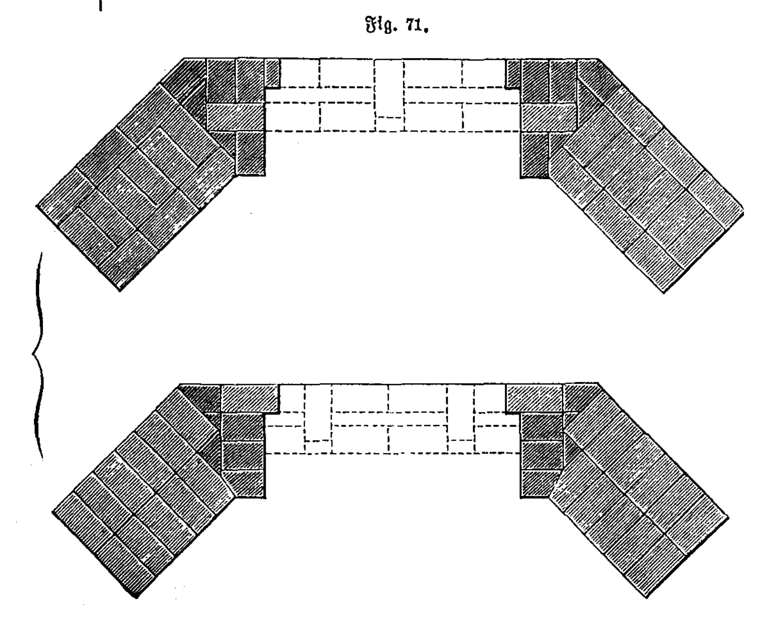


Statt der Isolierungsmauern können die Fundamentmauern zur Abhaltung der Feuchtigkeit mit Asphaltfilzplatten bekleidet werden, die nach Austrocknung der Mauern mit Hilfe eines heißen Asphaltanstrichs aufgeklebt werden.

Sollen die isolierenden Luftschichten nur in schwachen 1 Stein starken Fensterbrüstungen angeordnet werden, so ergiebt sich die Verbandanordnung Fig. 71; innerhalb werden die Köpfe der Ankersteine durch Quartiersteine gedeckt.

Die Anlage von Hohlmauern im Innern der Gebäude als Scheidemauern erfolgt, um Material zu sparen und die Überleitung des Schalles in benachbarte Räume möglichst zu verhüten. In der Regel genügen ½ Stein starke Mauern, die eine ½ Stein breite Luftschicht zwischen sich

Fig. 71.

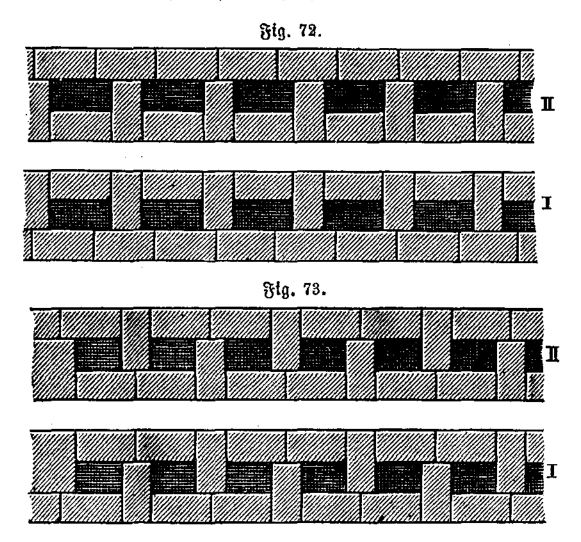


einschließen. Bei regelmäßiger Anordnung der Bindersteine entsteht dann der sog. Kästelverband oder das Kästelmauerwerk, das in verschiedener Weise hergestellt werden kann. Nach Fig. 73 greifen die Bindersteine in jeder

Schicht abwechselnd in die eine und in die andere Fluchtreihe ein, während nach Fig. 72 die Bindersteine jeder Schicht immer nur in eine Fluchtreihe eingreifen und gegen die andere stumpf anstoßen.

Fig. 72.

Fig. 73.

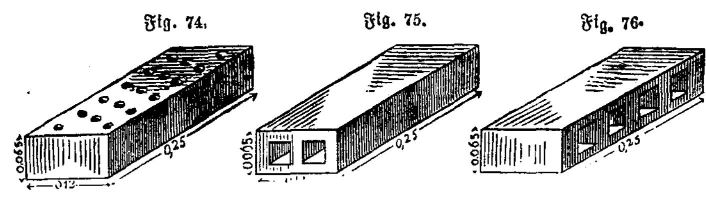


Der Kästelverband ergiebt bei geringem Materialaufwande sehr stabile, warme und den Schall wenig fortleitende Mauern; es lassen sich Öffnungen, Wiederkehren, Vorlagen ohne jede Schwierigkeit anlegen, so daß dieser Verband eine größere Anwendung verdient, als er bisher gefunden hat.

Anstatt die Mauern in der bisher besprochenen Weise mit Hohlräumen herzustellen, kann derselbe Zweck, und vielleicht in vollkommenerer Weise, durch Anwendung von Hohlsteinen erreicht werden, deren Beschaffung nirgends Schwierigkeiten bietet.

Die hohlen Steine, welche mit der Röhrenpresse hergestellt werden, besitzen ein dichteres gleichmäßigeres Gefüge als die gewöhnlichen Vollsteine, sie gestatten vollständiges und gleichmäßiges Durchbrennen und haben ein etwas geringeres Gewicht bei einer Druckfestigkeit, die für die gewöhnlichen Belastungen vollkommen ausreicht. Die aus Hohlsteinen hergestellten Mauern trocknen schneller aus und besitzen wegen der eingeschlossenen ruhenden Luftschichten geringere Leitungsfähigkeit des Schalles und der Wärme als Mauern aus Vollziegeln.

Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76.



Die Steine werden am besten nach dem Normalmaß geformt und entweder senkrecht durchlocht, Fig. 74, in welchem Fall der Stein als Läufer und Binder verwendet werden kann, oder die runden oder rechteckigen Öffnungen durchziehen den Stein horizontal; damit aber an den Mauerhäuptern keine Öffnungen sichtbar werden, müssen dann besondere Läufersteine, Fig. 75, und besondere Bindersteine, Fig. 76, hergestellt werden.

Zur Bildung der Eckverbände müssen senkrecht durchlochte oder Vollsteine verwendet werden.

Im übrigen wird der Verband wie mit Vollsteinen durchgeführt.

Den Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, daß beim Einschlagen von Nägeln und Kloben die 15—22 mm dicken Wandungen der Hohlziegel leicht zertrümmert werden, und daß die Befestigung der Stifte mit Schwierigkeiten verbunden ist. Es ist dies die Ursache, daß die Hohlziegel, abgesehen von den Blendern, so gut wie keine Anwendung im Privatbau finden.

§ 12.

Verband der Mauern mit Schornstein- und Ventilationszügen.

In den Mauern sind vielfach senkrecht aufsteigende Rauch-, Heißluft- und Lüftungskanäle von quadratischem, rechteckigem oder rundem Querschnitte herzustellen, deren Größe von dem jedesmaligen Zweck abhängig ist.

Für die Herstellung der Rauchrohre bestehen überall besondere baupolizeiliche Vorschriften, die auch für alle übrigen gemauerten Züge gelten, da leicht ein nicht als Schornstein hergestellter Zug später als solcher verwendet werden könnte.

Wir können uns deshalb auf die Besprechung der Grundsätze für die Herstellung der Rauchrohre beschränken.

Man unterscheidet „enge, russische" Rauchrohre von 13—25 cm Lichtweite und „weite, steigbare" von 42 bis 48 cm Lichtweite.

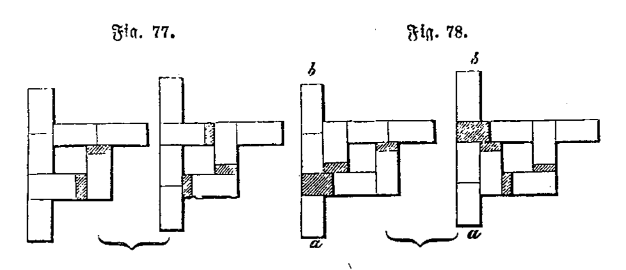
Die Bestimmung der Querschnittsabmessungen bildet einen Bestandteil der baupolizeilichen Vorschriften und richtet sich nach der Anzahl und der Größe der Feuerungen, die in ein Kamin eingeführt werden;[1]) doch sollen die Abmessungen so bestimmt sein, daß sie zu dem Ziegelformat in einem gewissen Verhältnis stehen und ohne vielen Verhau eine einfache Anordnung des Verbandes gestatten.

Fig. 77 u. 78 und Tafel 6 zeigen einige Anordnungen mit Angabe des Verbandes, wobei die Kamine entweder in Mauern liegen oder im Speicher und über Dach frei aufzuführen sind. Für runde Kamine sind nach Taf. 6, Fig. 11 u. 12 besondere Formsteine erforderlich,

1) Für eine Feuerung sind etwa 80 qcm Querschnitt zu rechnen; ein Kamin für 5 Feuerungen z. B. muß daher 5 × 80 = 400 qcm Querschnitt erhalten. Als geringster Querschnitt werden 250 qcm, als größter 900 qcm angenommen.

die einen guten Verband mit den anschließenden Mauersteinen gestatten müssen. Obgleich die Kreisform des besseren Zuges und der leichten Reinigung wegen den Vorzug verdient, so wird doch in der Regel der quadratische oder rechteckige Querschnitt gewählt, da deren Herstellung in allen Abmessungen mit den Normalsteinen erfolgen kann,

Fig. 77. Fig. 78.



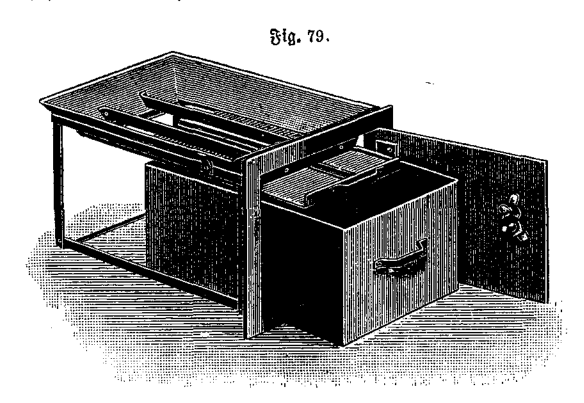
während die Formsteine, die für die verschiedenen Durchmesser verschieden sein müssen, meistens nur schwer zu beschaffen sind; in vielen Gegenden werden sie nur auf besondere Bestellung angefertigt, und für das Schleifen oder Ziehen der Kamine, das manchmal nicht vermieden werden kann, können sie nicht oder nur mit Schwierigkeiten verwendet werden.

Die runde Form durch Verhau der gewöhnlichen Normalsteine herzustellen, ist durchaus verwerflich, da hierdurch die Steine ihre dichte, glatte und widerstandsfähige Oberfläche verlieren.

Im einzelnen ist bei der Herstellung der Rauchrohre folgendes zu beachten:

1. Die weiten steigbaren Kamine, die heute nur noch selten ausgeführt werden, werden zur Reinigung vom Kaminfeger bestiegen, „befahren"; sie sind deshalb mit entsprechenden Steigeisen zu versehen.
2. Die Reinigung der engen russischen Rohre geschieht dadurch, daß man eine mit einer eisernen Kugel beschwerte Drahtbürste von oben herunter sinken läßt

Fig. 79.



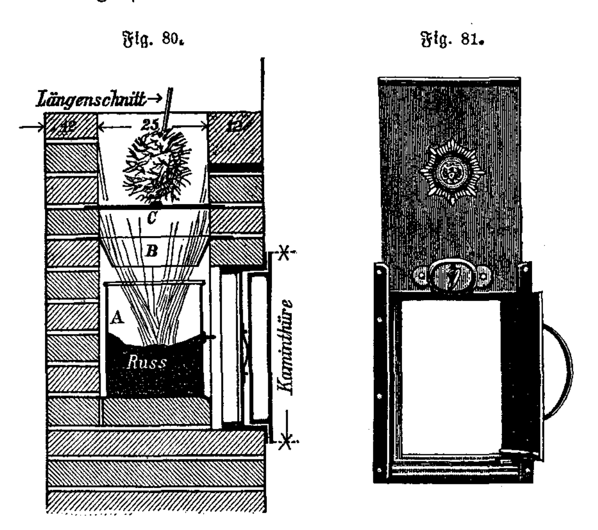
und durch Aufziehen und Ablassen der Bürste den Ruß beseitigt. Die Kamine sind unten mit einem doppelten in Falz schlagenden eisernen Putzthürchen zum Herausnehmen des Rußes zu versehen.

Um der Verunreinigung der Räume, in denen die Putzöffnungen liegen, beim Herausnehmen des Rußes vorzubeugen, empfiehlt sich die Anwendung besonderer Rußkasten, von denen zu erwähnen sind:

Die Kaminausputzthüre mit Rußkasten, Einlauftrichter, Abschlußschieber und Schutzrost von J. Fr. Bär in Frankfurt a. M.-Bockenheim, Fig. 79, bei der die größten Rußmengen mit verhältnismäßig kleinen Rußkasten entfernt werden können, da man infolge Anordnung des Einlauftrichters in Verbindung mit einem Abschlußschieber den Rußkasten beliebig oft nacheinander entleeren kann, ohne daß Rußbelästigung entsteht.

Eine ähnliche Einrichtung zeigt der Rußkasten mit Einlauftrichter B und Bandeisenkreuz C von Erwin Glocker in Stuttgart, Fig. 80, bei dem jedoch alle diese Teile unabhängig voneinander sind und getrennt eingesetzt werden, wogegen bei der Konstruktion Fig. 79 die Teile in einem einzigen Apparat vereinigt sind.

Fig. 80. Fig. 81.



Der Schornsteinverschluß von Dr. Platner & Müller in Witzenhausen verfolgt den Zweck, Sicherheit zu bieten für richtigen dichten Abschluß der Putzthür nach erfolgter Reinigung und gegen unbefugtes Öffnen, was erreicht wird mittels eines eigens konstruierten Schlüssels, der erst nach geschehenem Verschluß abgezogen werden kann, Fig. 81. Der Schieber ist mit einer Klappfallthür zum Herausnehmen des Rußes versehen, womit dessen Beseitigung erleichtert, die Verunreinigung der Räume aber nicht verhindert wird.[1])

1) Es soll noch aufmerksam gemacht werden auf die Konstruktion „Ultimatum" der Gesellschaft „Rußfänger" in Hamburg, die zugleich als Zugregulator bei nebeneinander liegenden Kaminen dienen soll.

3. Die Rauchrohre sind im Innern nicht zu verputzen, sondern nur sorgfältig mit Cementmörtel auszufugen, da der Putz bald abfällt und schon beim Reinigen durch die Drahtbürste und durch das Anschlagen der schweren Kugel schnell zerstört wird.

4. Die Kaminwandungen sind in regelrechtem Verbande mit dem anschließenden Mauerwerk in Kalk- oder Cementmörtel auszuführen.

5. Zur Herstellung der Kaminwandungen sind nur dichte, möglichst undurchlässige, hartgebrannte Steine mit glatter Oberfläche zu verwenden (saubere Maschinensteine), damit wenig Ruß hängen bleibt, eine gründliche Reinigung möglich und der Stein gegen die anschlagende Kugel widerstandsfähig ist.

6. Die Zahl der Stoßfugen in den Kaminwandungen ist möglichst zu verringern.

7. Alle Fugen sind sorgfältig mit Mörtel zu füllen, um Öffnungen zu vermeiden, durch die der Rauch ausströmen könnte.

8. An den Außenseiten sind die Schornsteinkasten, soweit sie innerhalb der Gebäude liegen, stets zu verputzen, um zu verhüten, daß bei nicht ganz ausgefüllten Fugen Rauch, Hitze oder Funken durchschlagen.

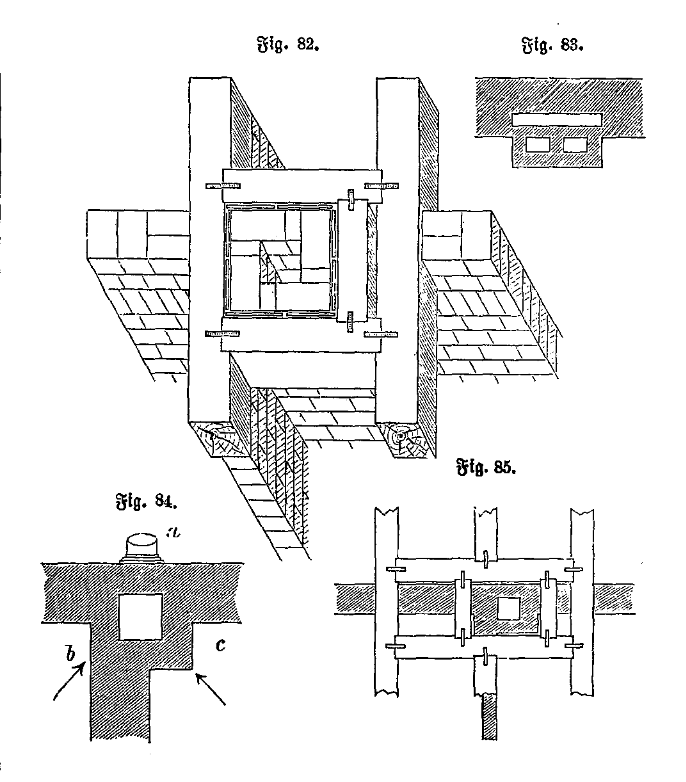
9. Richtungsänderungen der Rauchrohre sind zu vermeiden; wo das „Schleifen" nicht umgangen werden kann, soll dies möglichst steil, jedenfalls nicht unter 45 Grad geschehen.

10. Die Kamine sollen so angelegt sein, daß die zur Einführung der Ofenrohre nötigen Futterrohre leicht angebracht werden können. So kann z. B. bei der Anordnung nach Fig. 84 das Futterrohr von a aus leicht, von b und c aus aber nur mit großen Schwierigkeiten und in unschöner Weise eingeführt werden.

11. Die Anlage der Kamine ist so zu treffen, daß das Auswechseln der Deckenbalken möglichst wenig notwendig wird. Bei der Anordnung nach Fig. 85 muß der auf der Scheidewand liegende Balken ausgewechselt werden, was bei Anordnung nach Fig. 82 nicht notwendig wird; es ist deshalb diese letztere vorzuziehen. Hierbei ist noch zu beachten, daß die ½ Stein starken Kaminwandungen durch eine in Mörtel gelegte Schicht Dachziegel vom Holzwerk getrennt werden müssen.

12. Die Anlage von Rauchrohren in Umfassungswänden ist zu vermeiden, weil hier die Rauchgase schnell erkalten und der Zug leidet; auch treten Kollisionen mit der Kniestockwand, dem Hauptgesimse und den Dachrinnen ein. Kann diese Lage nicht vermieden werden, so ist durch eine isolierende Luftschicht im Mauerwerk Schutz gegen Abkühlung zu schaffen, Fig. 83.

13. Soweit durchführbar, sollte jede Feuerung ein besonderes Rauchrohr erhalten, da nur dann Störungen im Zuge ausgeschlossen sind. Da die meisten baupolizeilichen Bestimmungen jedoch einen geringsten Querschnitt von 250 qcm vorschreiben, ein Ofen aber nur ca. 80 qcm Kaminquerschnitt erfordert, so können 2 und event. 3 Feuerungen in ein Kamin eingeführt werden. Es sollte dies aber auf Feuerungen eines



und desselben Stockwerkes beschränkt bleiben, da durch Anschluß mehrerer in verschiedenen Geschossen aufgestellten Öfen an ein gemeinsames Rauchrohr eine Verbindung zwischen den verschiedenen Räumen geschaffen wird, welche zum Eindringen von Rauch aus einem unten stehenden Ofen in einen höher liegenden Raum Veranlassung geben kann.

14. Es ist vorteilhaft, für die Rauchrohre solche Stellen im Mauerwerk zu wählen, die durch Versetzen der zusammenstoßenden oder sich kreuzenden Mauern die notwendige Stärke erhalten können, ohne daß vorspringende Mauerkörper angelegt werden müssen. Solche Anordnungen sind in Fig. 8 u. 10, Taf. 6, dargestellt. Bei den geringen Abmessungen der Hohlräume kann durch diese Anlage keine Schwächung in der Verbindung der Mauern untereinander herbeigeführt werden.

15. Die Kamine können auch in abgeschrägten Ecken zusammenstoßender Mauern, event. mit Anlage von Ofennischen, in zweckmäßiger Weise untergebracht werden, Fig. 86.

16. Soweit nicht die Rücksichten auf die Gebälkdurchgänge anders bestimmen (s. ad 11), sind die äußeren Wandungen und die Scheidewände (Zungen) mehrerer nebeneinander liegenden Kanäle $^{1}/_{2}$ Stein stark zu machen. Wo mehrere solcher Kanäle von größerem Querschnitte nebeneinander in derselben Mauer liegen, empfiehlt sich die Einlage von Reifeisen oder Flacheisen zur Verstärkung der dünnen Wandungen, Fig. 87. (Siehe auch § 11 und Fig. 66.)

Hieraus ergiebt sich unmittelbar, daß ein nachträgliches Einhauen von Öffnungen in die Steinzeugrohre zur Einführung von Futterrohren ausgeschlossen ist, da an solchen Stellen eine sachgemäße Dichtung unmöglich ist, und hierbei auch die Steinzeugrohre leicht zertrümmert werden; das nachträgliche Einziehen neuer Rohre ist aber mit großen Umständen und Schwierigkeiten verbunden.

Die Reinigung ist für diese Rohre gefährlich, bei Gasheizungen übrigens überflüssig und muß mit großer Vorsicht geschehen, damit die Rohre durch die aufschlagende Kugel nicht beschädigt werden.

Fig. 86.

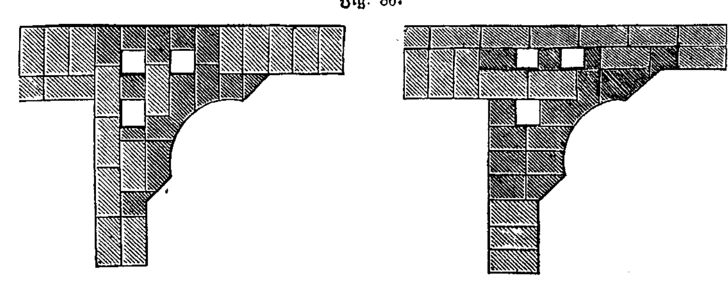
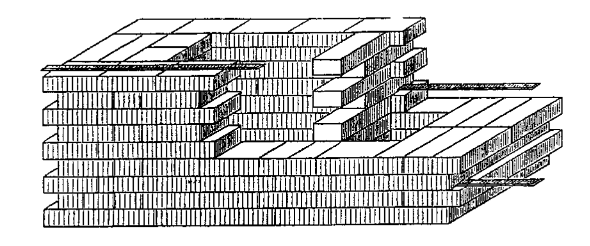


Fig. 87.

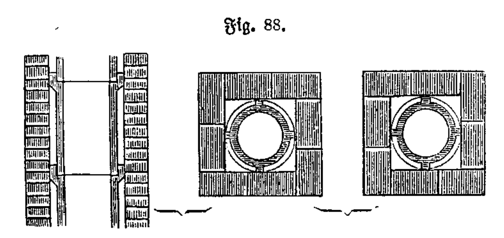


17 Vielfach erfolgt die Trennung gemauerter Rauchrohre von benachbarten Dunstabzügen durch gußeiserne Zungen. Trotzdem durch deren raschere und intensivere Erwärmung der Zug in den Dunstabzügen befördert wird, sollte diese Konstruktion vermieden werden, da eine dauernde Dichtung zwischen Eisen und Stein nicht herzustellen ist. Die Dichtung durch Ruß erscheint ungenügend.

18. In Schornsteinen, die den Rauch von starken Feuerungen oder von Gasheizungen abzuführen haben, bilden sich wässerige Niederschläge, die die Kaminwandungen durchfeuchten. Um diesem Übelstande zu begegnen, verwendet man in neuerer Zeit vielfach glasierte Steinzeugrohre von rundem oder rechteckigem Querschnitt,[1]) die in das Mauerwerk eingesetzt, aber nicht fest eingemauert werden dürfen, sondern frei in der Ummauerung stehen müssen, Fig. 88, andernfalls infolge des stärkeren Setzens des Mauerwerks die Rohre zertrümmert werden. Für die Einführung der Futterrohre sind Abzweige einzulegen und diese sowie die sämtlichen Muffenverbindungen der Rohre auf das sorgfältigste zu dichten, andernfalls die Niederschläge, wie sie sich insbesondere bei den Gasheizungen bilden, an solchen undichten Stellen austreten und das Mauerwerk durchfeuchten.

Werden Gasheizungen in gemauerte Züge eingeleitet, so sollten diese nicht an kalten Räumen liegen, da sonst die Heizgase stark abgekühlt werden und die sich bildenden Niederschläge die Mauern durchfeuchten.

Fig. 88.



19. Kamine sollen nie gleichzeitig als Dampfabzüge verwendet werden, da leicht ein Rückschlagen des Rauches stattfinden kann, und die Vereinigung des Rauches mit Dämpfen Glanzruß im Kamin erzeugt.

Weiteres über die Anlage der Kamine s. im 4. Bande dieses Handbuches über Feuerungsanlagen.

§ 13.

Backsteinverbände bei durchbrochenen Mauern.

Durchbrochene Mauern werden häufig verwendet zu Einfriedigungen, Brüstungen, an Trockenhäusern, kleinen landwirtschaftlichen Gebäuden u. s. f., und können wegen der Regelmäßigkeit der Backsteine leicht nach beliebigen

1) Siehe auch Centralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 20.

geometrischen Mustern ausgeführt werden. Konstruktive Schwierigkeiten kommen dabei nicht vor, da es sich in der Regel um die Darstellung eines $1/2$ Stein starken Mauerwerks und um die Erfindung eines gefälligen Musters handelt, das mit Zuhilfenahme von besonderen Formsteinen beliebig ausgebildet werden kann. Auf Taf. 7, Fig. 1—14 sind einige Beispiele dargestellt. Nehmen wir die früher betrachteten Verbände zu Hilfe, so erhalten wir aus dem Blockverbande durch Aussparung der Kreuze eine durchbrochene Mauer nach Fig. 7 oder 10; bei letzterer Figur wechselt eine senkrechte Reihe ausgesparter Kreuze mit einer dunkelgefärbten regelmäßig ab.

Fig. 8 geht aus dem Kreuzverbande dadurch hervor, daß in den Binderschichten immer der zweite Binder ausgelassen ist.

Bei Anwendung des gotischen Verbandes bildet sich durch Weglassung der Strecker eine durchbrochene Mauer nach Fig. 6, während man durch Aussparen von Kreuzen beim holländischen Verbande eine zierlich durchbrochene Mauer nach Fig. 11 erhält, zumal wenn diese Kreuze noch durch farbige Steine eingerahmt werden.

Zu Fig. 4 und 6—11 bedarf man keiner besonderen Formsteine, dagegen hat man zu Fig. 1—3, 5 u. 12—14 besonders geformte Steine nötig.

Die Steine zu durchbrochenen Mauern müssen scharfkantig, hart gebrannt und von gleicher Größe sein. Je mehr und je zierlicher die Mauern durchbrochen sind, um so besser muß das Bindemittel sein, weshalb man in solchen Fällen anstatt gewöhnlichen Kalkmörtels einen Mörtel aus 1 Teil Portlandcement und 1—2 Teilen reinem Sande verwendet.

§ 14.

Verband bei schräg ansteigenden Mauerabschlüssen.

Wenn die Mauerstirn nicht senkrecht, sondern schräg ansteigend angelegt ist, wie bei Giebeln, Strebepfeilern, Flügelmauern u. dgl., so müssen zur Herstellung dieser schrägen Flächen die Backsteine bei wagerechter Schichtung derart verhauen werden, daß gerade die behauene Fläche den Witterungseinflüssen ausgesetzt wird. Die rasche Zerstörung der behauenen Steine ist unausbleiblich, da die schräge Fläche dem zerstörenden Einfluß von Regen, Schnee und Frost ungleich mehr ausgesetzt ist als die lotrechte Mauerfläche. Und gerade an diesen Stellen fehlen den Backsteinen die dichten, wetterbeständigen, angesinterten, wenig porösen Oberflächen.

Man stellt deshalb besser die Steine auf kurze Strecken normal zur Böschungsrichtung, so daß die verhauenen Teile ins Innere der Mauer zu liegen kommen. Fig. 89 zeigt diese Anordnung, die den Nachteil hat, daß das Wasser leicht in die zahlreichen Fugen eindringen kann. Es ist deshalb notwendig, die Steine in einen guten, rasch erhärtenden Cementmörtel einzulegen und die Stirn sorgfältig auszufugen.

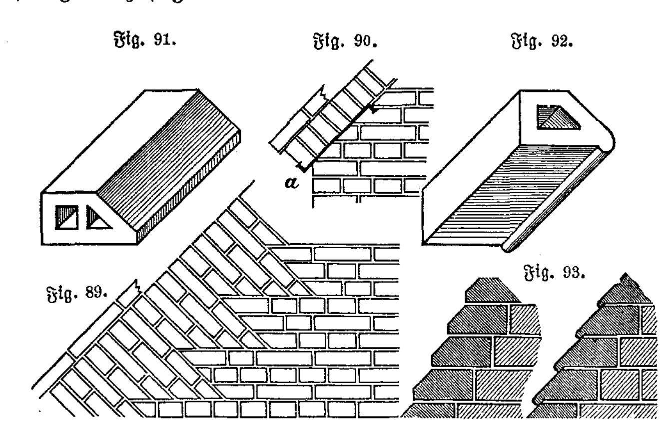


Fig. 91. Fig. 90. Fig. 92. Fig. 89. Fig. 93.

Fig. 90 zeigt eine andere Anordnung, bei der auf die schräg endigenden, wagerecht liegenden Backsteine eine in Cementmörtel zu mauernde Rollschicht aufgebracht ist; wenn besondere Anfänger fehlen, sind eiserne Verklammerungen a erforderlich.

Fig. 90a.

Um die Anzahl der in der schrägen Mauerstirn liegenden Fugen zu vermindern, empfiehlt es sich, die normal zur Schräge stehenden Schichten durch Flachziegelschichten abzudecken, wie dies Fig. 89 u. 90 zeigen. Zu diesen Konstruktionen muß das beste witterungsbeständigste Ziegelmaterial verwendet werden.

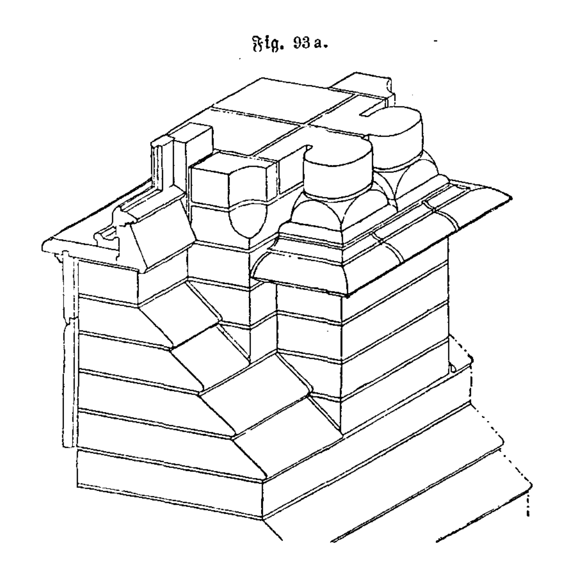
Eine solche Abdeckung mit flach liegenden Ziegelschichten zeigen z. B. die Strebepfeiler an der Franziskaner-Klosterkirche in Angermünde, Fig. 90a.[1])

Die Herstellung der geneigten Mauerstirnen gestaltet sich zweckmäßiger mit den unter die deutschen Normalprofile aufgenommenen Schrägsteinen, Fig. 91, und den Nasensteinen, Fig. 92, deren Vermauerung in Fig. 93 dargestellt ist. Diese Steine werden als Läufer, Binder, $1/2$ und $3/4$ Steine und als Ecksteine mit verschiedenen Neigungswinkeln geliefert.

1) Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten in Norddeutschland.

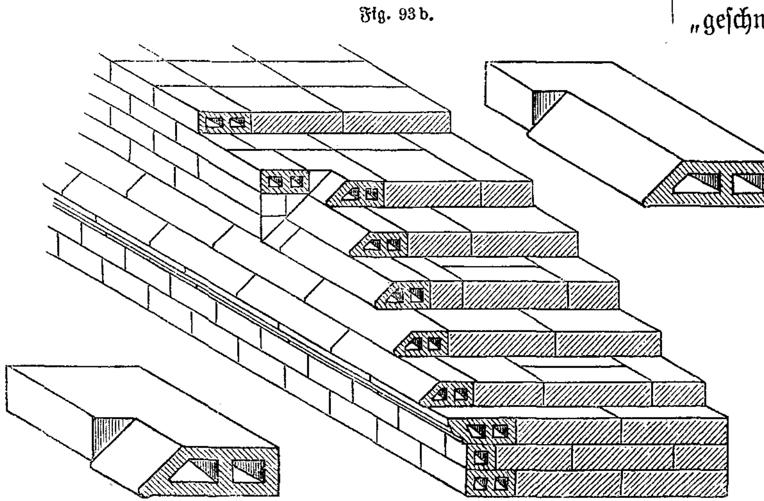
Schwieriger gestaltet sich die Ausführung stark geneigter Abwässerungen in Verbindung mit lotrecht aufgehenden Mauern, wie dies z. B. bei Sohlbänken von Fensteröffnungen der Fall ist, Fig. 93a,[1]) weil an den Anschlußstellen eine größere Zahl von Schichten verhauen

Fig. 93a.



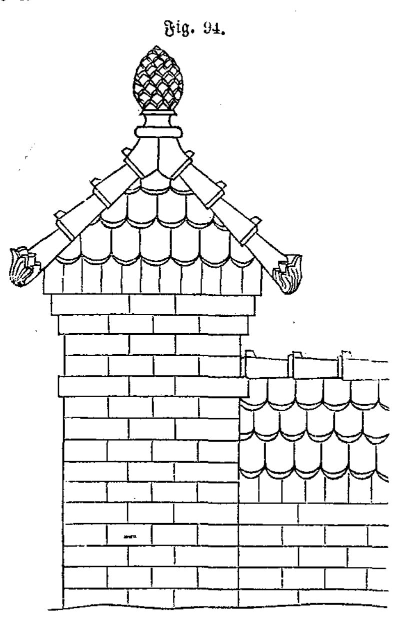
werden müßte, wenn lotrechte Stoßfugen vermieden werden sollen. Fig. 93b zeigt für einen solchen Fall besondere Formsteine und deren Verwendung.

Fig. 93b.



Die Abdeckung freistehender Mauern erfolgt entweder durch Hausteinplatten mit oberen geneigten Flächen, wobei die Platten an den Stößen entweder überfälzt werden, oder sie werden stumpf gestoßen, und das Mauerwerk gegen das Eindringen des Wassers durch rinnenartig gehöhlte, unter den Stoßfugen liegende Steine geschützt. Statt der Hausteine können natürlich auch die Schrägsteine zur Abdeckung der Mauerkronen Verwendung finden, oder die Deckung erfolgt mit Ziegeln, die in Mörtel verlegt werden, wie dies bei Gartenmauern u. dgl. häufig ausgeführt wird, Fig. 94.

Fig. 94.



1) Handbuch der Architektur III. Teil, II. Bd., 2. H.

§ 15.
Mauerverblendung mit Backsteinen.

Gewöhnliches Backsteinmauerwerk wird häufig mit „geschnittenen Steinen" (Blendern, Verblendern) verkleidet; diese Steine müssen eine glatte und dichte Oberfläche besitzen, wetterbeständig, scharfkantig, gleichfarbig und von gleicher Größe sein, so daß unter Berücksichtigung der entsprechenden Fugenstärken die Ausführung in gutem Verbande mit der aus gewöhnlichen Backsteinen hergestellten Hintermauerung erfolgen kann. Rechnet man die Lagerfugen des gewöhnlichen Mauerwerks mit 12 mm, die Stoßfugen mit 10 mm, die der Verblendung mit 8 mm, so ergiebt sich für die Blender eine Größe von $25{,}2 \times 12{,}2 \times 6{,}9$ cm; die Steine werden thatsächlich in diesen Abmessungen gefertigt; Abweichungen bis 1 mm sind zulässig. Da die Fugenstärke des gewöhnlichen Mauerwerks bei einigermaßen aufmerksamer Arbeit auf 10—8 mm vermindert werden kann, so ist es möglich, auch die Verblendung mit 6—4 mm starken Fugen herzustellen.

Die Verblender werden heute fast ausschließlich als Hohlsteine (Lochverblender) mit 20—25 mm starken Wandungen angefertigt, da diese dichter, gleichmäßiger durchgebrannt und schlechtere Wärmeleiter sind als die Vollsteine und weniger Material erfordern.

Die Teilstücke werden nicht durch Verhau gewonnen, sondern nach den entsprechenden Maßen geformt, und zwar Läufer und Binder besonders. Fig. 95—97 stellen Quartier, Zweiquartier, Dreiquartier, Fig. 98 stellt einen ganzen

Fig. 95—97.

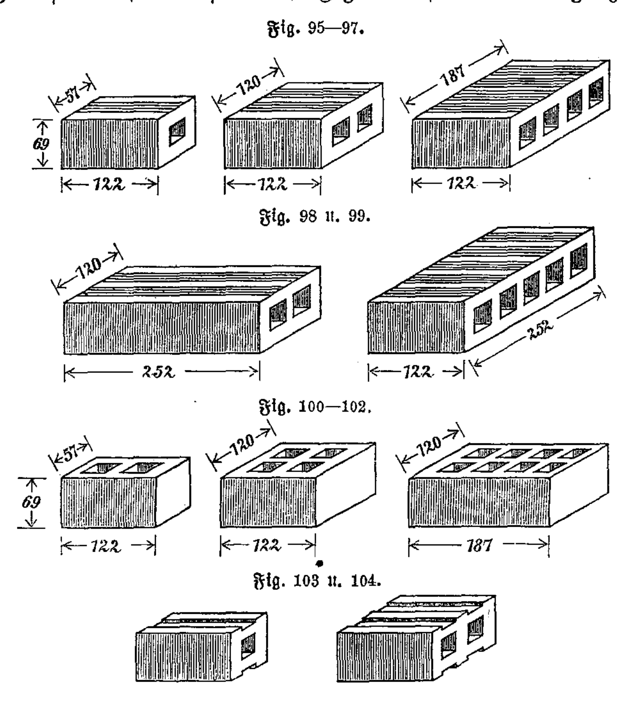


Fig. 98 u. 99.

Fig. 100—102.

Fig. 103 u. 104.

Läufer, Fig. 99 einen ganzen Binder dar. Die Ecksteine müssen ebenfalls besonders geformt und senkrecht durchlocht werden, damit die Durchlochungen nicht an den Stirnen sichtbar werden, Fig. 100—102.

Die wagerecht gelochten Blender werden auf den Lagerflächen mit Riefen versehen, um bei den engen Fugen dem Mörtel mehr Raum zu schaffen, daß er besser an den dichten Steinen haftet. Aus diesem Grunde erhalten die Lagerflächen oft wirkliche Vertiefungen, Fig. 103 u. 104.

Die beste Verblendung wird sich durch Anwendung eines der vorhergehend besprochenen konstruktiven Verbände erreichen lassen, wozu ganze Binder und ganze Läufer notwendig werden, Fig. 106.

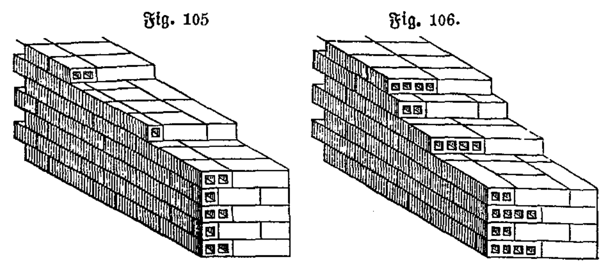
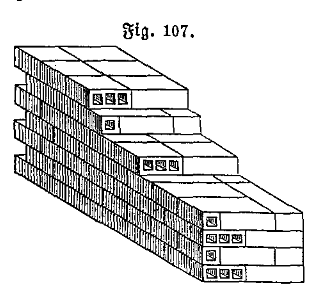


Fig. 105 Fig. 106.

Diese ganzen Steine sind aber nicht nur sehr teuer, sondern auch in I. Qualität nur schwer und oft erst auf besondere Bestellung zu erhalten; es wird deshalb fast allgemein die Verblendung im Binderverbande mit Zweiquartieren und Einquartieren (Halbsteine und Riemchen) in abwechselnden Schichten ausgeführt. Bei den gewöhnlichen Mauerstärken wird es dann notwendig, hinter die Riemchen Dreiquartiere einzulegen, wozu am besten geformte $^3/_4$ Steine zu benutzen sind, Fig. 105.

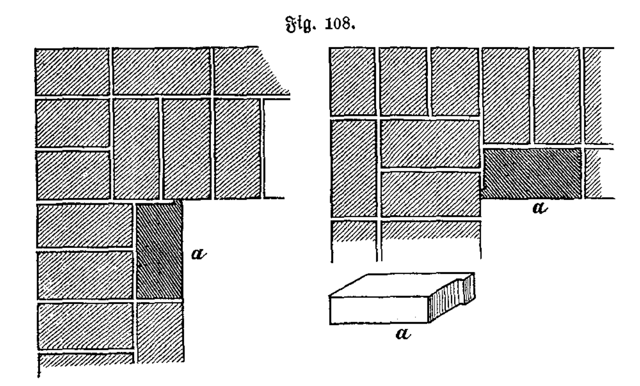
Fig. 107.



Besser wird der Verband bei Anwendung von Riemchen und Dreiquartieren zur Verblendung, Fig. 107; macht man die Mauerstärken $1^1/_4$, $1^3/_4$, $2^1/_4$, $2^3/_4$ u. s. w. Stein, so kann die Hintermauerung ohne Anwendung von Dreiquartieren in regelrechtem Verbande mit ganzen Steinen ausgeführt werden, was besonders dann wünschenswert ist, wenn keine geformten $^3/_4$ Steine zur Verfügung stehen.

In den einspringenden Mauerecken fällt wegen des Verbandes die Stoßfuge abwechselnd in die eine und in die andere Mauerflucht. Dieses Versetzen der Fugen ist unschön und ergiebt keine scharfen Winkel, weshalb man zur Vermeidung dieses Übelstandes die letzten Läufer a einer

Fig. 108.



Flucht scharf an die Binder der andern Flucht anstoßen läßt, nachdem man sie in der Fig. 108 dargestellten Weise im Innern ausgeklinkt hat, um genügende Fugenstärke für den Mörtel zu schaffen.

Die Ausführung der Verblendung erfolgt entweder gleichzeitig oder nachträglich nach vollständiger Fertigstellung des eigentlichen Mauerkerns. Die gleichzeitige Herstellung ist die konstruktiv bessere und billigere. Wenn auch bei nachträglicher Verblendung bei sorgfältiger Arbeit gute Erfolge zu erzielen sind, so erfordert diese doch bedeutend größeren Geld- und Zeitaufwand, und es erscheint diese nachträgliche Blendung als überflüssige Verstärkung der Mauer, als eine Art Klebearbeit. Die Kernmauer muß mit Verzahnung angelegt werden, um das Einbinden der Blendsteine zu ermöglichen; bei nicht sehr sorgfältiger Arbeit müssen jedoch häufig die vorspringenden Schichten abgehauen werden, wodurch der Verband zwischen Mauerkern und Verblendung verloren geht. Auch wird die Ver-

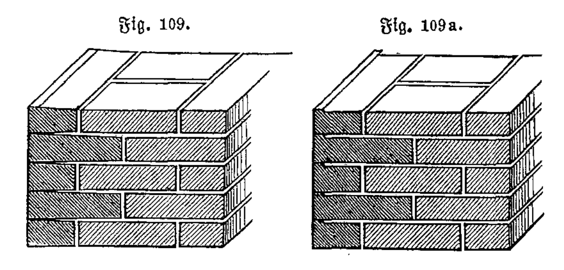
bindung durch den Mörtel leicht mangelhaft, und es sollte aus diesen Gründen die nachträgliche Verblendung vermieden werden.

Um bei Ausführung der Verblendung das Beschmutzen der Blendziegel zu vermeiden, sollte man nicht mit vollen, sondern mit hohlen Fugen mauern, wodurch auch ein nachträgliches Auskratzen der Fugen, das leicht Beschädigungen der Steinkanten im Gefolge hat, vermieden wird. Die Fugen können offen bleiben, oder sie werden durch „Ausfugen" geschlossen.

Um das Vorquellen des Mörtels zu verhüten, und um gleichstarke Fugen zu erhalten, führt man die Verblendung (bei nicht zu feinen Fugen) hier und da auf Flachschienen aus, die auf die vordere Kante aufgelegt und wieder aus den Fugen genommen werden, nachdem die nächstfolgende Verblendschicht aufgebracht ist. Die Blender jeder Schicht sind zuerst anzusetzen und ist erst dann ihre Hintermauerung vorzunehmen.

Soll die Verblendung erst nachträglich ausgeführt werden, so ist es durchaus notwendig, daß sich die Hintermauerung vorher vollständig gesetzt hat; die Verblendung muß dann mit einem rasch bindenden Mörtel vorgenommen werden, da schon eine kleine Setzung Abtrennungen zwischen Kern und Blendung herbeiführen muß.

Fig. 109. Fig. 109a.



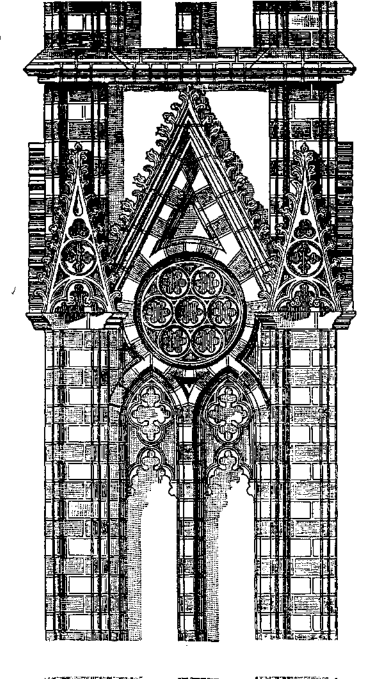
Um scharfe, vollständig geschlossene Fugen zu erzielen, verwendet man auch keilförmig sich verjüngende Steine, Fig. 109, die sich nur in den vorderen Kanten berühren. Häufig werden diese Kanten förmlich aufeinander geschliffen. Statt der keilförmigen Steine können auch solche mit Unterschneidung verwendet werden, wodurch die Gefahr des Abspringens der scharfen Kanten verringert wird, Fig. 109a. Diese Konstruktionen sind nur für nachträgliche Blendung und bei einem Mauerkerne zulässig, der sich vollständig gesetzt hat. Da das Aussehen der Backsteinrohbauten wesentlich von der Fuge und der Fugenbehandlung abhängig ist und die scharf geschnittenen Fugen nicht günstig wirken, sollte man diese gekünstelten Konstruktionen vermeiden.

§ 16.

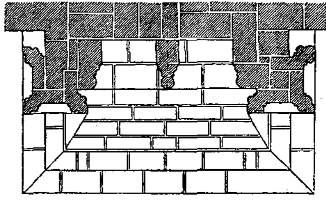
Die dekorativen Verbände.

Diese Verbände werden zur Dekorierung der äußeren Ansichtsflächen der Mauern gewöhnlich aus Blendsteinen hergestellt; sie können jedem konstruktiven Verbande vorgeblendet werden mit Hilfe von Einquartieren, Zweiquartieren und anderen durch Verhau herzustellenden Teilstücken, oder besser und mannigfaltiger durch Formsteine; die dekorative Wirkung kann durch Verwendung verschiedenfarbiger und glasierter Steine aufs höchste gesteigert werden.

Fig. 110.







Der einfachste dekorative Verband ist der Binder- oder Kopfverband, mit dem sich die verschiedensten Muster in einfachster Weise herstellen lassen. Einige Beispiele sind auf Taf. 8, Fig. 2, 5, 6, 8 u. 9 gegeben.

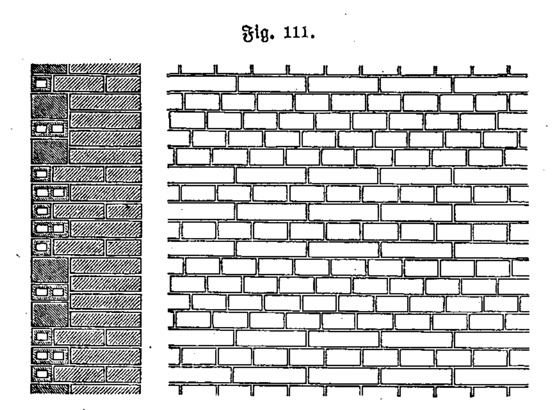
Auch der Kreuzverband, Taf. 8, Fig. 3 u. 4, und in beschränkterer Weise der Blockverband, Fig. 1a, 1b u. 1c, sowie die übrigen vorstehend besprochenen konstruktiven Verbände können zur Darstellung von dekorativen Mustern verwendet werden. Beachtet man aber, daß alle diese Motive auch im Kopf- oder Binderverbande gebildet werden können, und daß die Blender für diesen Verband am leichtesten und in bester Qualität zu beschaffen sind, so wird sich dieser Verband, wie für die Verblendung, auch für die dekorative Ausgestaltung am meisten zur Anwendung empfehlen.

Ein einfaches aber wirksames Motiv zur Belebung monotoner Mauerflächen bietet die Anwendung durchlaufender farbiger Schichten, die in angemessenen Abständen wiederkehren und entweder als einfache oder als Doppelstreifen auftreten. Man verwendet zu denselben entweder Verblendsteine mit abweichender Färbung der Grundmasse, oder, wie im norddeutschen Backsteinbau, mit Vorliebe farbig glasierte Ziegel, Fig. 110, 175, 176 und 406.

Taf. 8, Fig. 7, zeigt eine reichere Anordnung mit hochkantig gestellten Steinen und einigen Formsteinen, die

größere Aufmerksamkeit in der Ausführung erfordert, da die Verblendung mit der Hintermauerung nicht mehr in einfacher Weise in Verband gebracht werden kann. Der Durchschnitt, Fig. 111, mit der Rückansicht der Mauer zeigt die Anordnung zwischen Kern und Blendung.

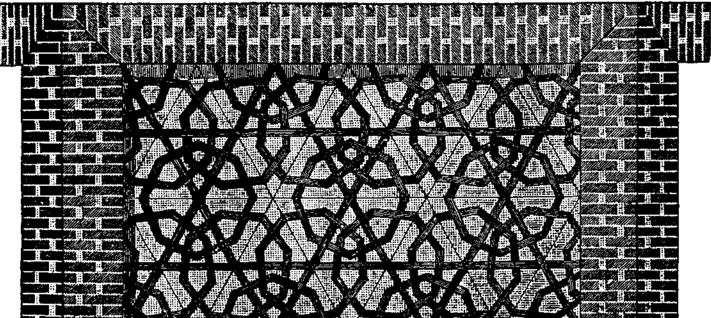
Fig. 111.



Eine ganze Reihe von dekorativen Verbänden bilden Webesysteme und Mosaiksysteme verschiedenster Art, die oft sehr schwer mit der Hintermauerung in einen soliden Verband zu bringen sind; sie werden deshalb gewöhnlich nur für friesartige Bildungen und zur Ausmauerung von Fachwerkswänden verwendet. Einige Motive dieser Art zeigen Taf. 9, Fig. 12—17.

Die Mosaikbekleidungen an den Bauwerken im Orient aus der mohammedanischen und der mittelalterlichen Baukunst sind nur Verblendungen, die in den Umrahmungen mit der Hintermauerung in Verbindung stehen. Als Beispiel einer solchen reichen Mosaikbekleidung, bei denen der Grund meistens aus Stuck besteht, geben wir in Fig. 112 einen Teil der Wand vom Mausoleum des Ibn Kutaijir in Nachtschewân im Araxesthale aus dem 12. Jahrhundert.[1])

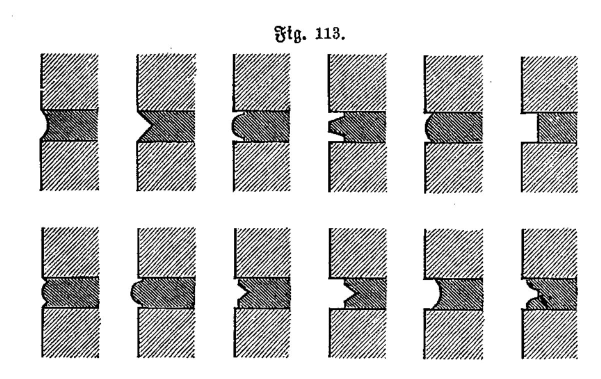
Fig. 112.



1) Deutsche Bauzeitung 1899, S. 521.

Die 3—15 mm breiten Backsteinfugen sind auf die Erscheinung des Mauerwerks von wesentlichem Einfluß; die feinen Fugen bleiben offen, die breiteren werden mit einem rasch erhärtenden Kalk- oder Cementmörtel, der häufig in der Masse gefärbt wird, ausgefugt; die Ausfugung kann nach verschiedenem Profil erfolgen, Fig. 113.

Fig. 113.



Bei Verwendung dunkler Steine sieht ein weißes oder nahezu weißes Fugennetz am besten aus, während bei hellen Steinen dunkle Fugen eher am Platze sind.[1])

§ 17.

Der Verband für das Ausmauern und Vormauern (Verblenden) der Fachwerks- oder Riegelwände.

Das Ausmauern der Fache in den hölzernen Riegelwänden beschränkt sich auf die Darstellung eines 1/2 und 1 Stein starken Mauerwerks. Bei der 1/2 Stein starken Ausmauerung wählt man den Läuferverband, bei der 1 Stein starken den Block-, den Kreuz- oder besser den Binderverband.[2])

Die Höhe der einzelnen Gefache ist so zu bemessen, oder die Fugendicke des Mauerwerks so zu wählen, daß man immer mit einer Anzahl ganzer Schichten auskommt. Die Streben und Bänder werden Unregelmäßigkeiten im Verbande veranlassen, die man am besten umgeht, wenn man den regelmäßigen Verband stets an den Ständern beginnt.

Bleiben die Fache unverputzt, so empfehlen sich die figurierten (dekorativen) Verbände, deren Fugenrichtungen im bessern Anschluß an die die einzelnen Fache umrahmenden Hölzer gewählt werden können, wodurch reiche dekorative Wirkungen zu erreichen sind. Der Zweck und der Charakter des Gebäudes dürfen dabei jedoch nicht außer acht gelassen werden, damit die Behandlung der Riegelfache

1) Redtenbacher, Architektonik der modernen Baukunst 1883, S. 37.

2) Fleischinger & Becker, Mauerwerks- u. Steinkonstruktionen. Essenwein, Norddeutschlands Backsteinbau im Mittelalter. Cuno & Schäfer, Holzarchitektur vom 14.—18. Jahrh.

nicht in Spielerei ausartet und dadurch dem Ganzen mehr geschadet als genützt wird. Auf Taf. 9, Fig. 12—21, sind einige Beispiele dieser dekorativen Ausmauerungen dargestellt.

Weit häufiger als die Ausmauerungen der Fache in der Stärke eines ganzen Steines kommt die Verblendung der $1/2$ Stein starken Fachwerkswände bei Umfassungswänden vor, um das Holzwerk vor schädlichen Einwirkungen zu sichern, der Wand einen gewissen Grad von Feuersicherheit zu verleihen, oder um sie widerstandsfähiger gegen Witterungseinflüsse zu machen. Die Verblendung kann außen oder innen angebracht werden; das letztere dann, wenn die Fassaden in „Holzarchitektur" durchgebildet werden sollen.

Durch die $1/2$ Stein starke Verblendung wird die $1/2$ Stein dicke Fachwerkswand auf 1 Stein Stärke gebracht; Verblendung und Fachausmauerung sind im Verbande herzustellen (Block-, Kreuz- oder Binderverband). Taf. 9, Fig. 1 u. 2, zeigen die Anordnung bei Blockverband.

Wird die Blendung nur an einer der beiden am Eck zusammentreffenden Mauern ausgeführt, so ist die Verbindung der Steine am Eckpfosten nach Taf. 9, Fig. 3 anzuordnen.

Eine solche vor- und ausgemauerte Wand kostet mehr als eine 1 Stein starke Mauer und steht dieser an Dauer bei weitem nach. Abgesehen von der verschiedenen Beschaffenheit der beiden Bestandteile, des Holzes und des Mauerwerks, die nie eine innige Verbindung eingehen können, leidet das Holz durch die eingeschlossene Lage, durch die es am Austrocknen gehindert wird; wenn, wie es in den meisten Fällen sein wird, die innere (Holz-) Seite der Wand mit Putz überzogen ist, so ist das Holz vollständig von der Luft abgeschlossen und kann leicht dem Hausschwamm oder der Fäulnis verfallen, wenn der Zutritt von Feuchtigkeit nicht verhindert ist.

Man sollte diese mangelhafte Konstruktion deshalb nur da anwenden, wo man sie aus irgend einem Grunde nicht umgehen kann, wobei noch zu beachten ist, daß $1^1/_2$ Stein starke massive Backsteinmauern keine größeren Kosten verursachen, als eine 1 Stein starke Holzfachwand.

Eine noch mangelhaftere Konstruktion wird häufig in der irrigen Meinung, wesentliche Ersparnisse zu erzielen, ausgeführt, und nur um davor zu warnen, wollen wir sie hier erwähnen.

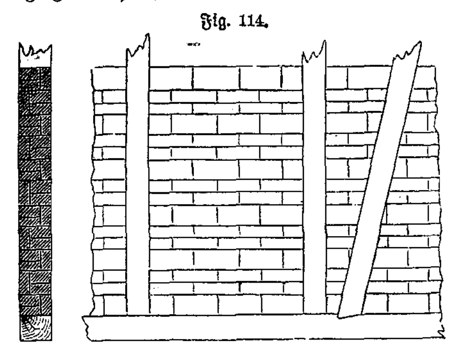
Man hat nämlich die Kostspieligkeit der vor- und ausgemauerten Wände recht gut erkannt und geglaubt, daß man wohlfeiler bauen und den Zweck doch erreichen könne, wenn man die Ausmauerung fortließe und nur die Vormauerung beibehielte.

Es bleiben nun die eigentlichen Fache der Wand hohl, und nur zu beiden Seiten der lotrecht stehenden und der wagerecht liegenden Hölzer greifen Bindersteine bis zur innern (Holz-) Seite der Wand durch. Um nun der Verblendung doch einigen Halt zu geben, befestigt man das Mauerwerk an das Holz durch eiserne sogenannte Stichanker. Das sind T-förmige, mit einer eingehackten Spitze versehene, etwa 0,18—0,21 m lange Eisen, Fig. 4, Taf. 9, die mit der Spitze in das Holz getrieben, mit den beiden zu ihrer Länge senkrechten Armen einige Schichten der Vormauerung überfassen und festhalten.

Aus dieser Beschreibung und Fig. 5 u. 6, Taf. 9, wird das mehr als Mangelhafte dieser Konstruktion einleuchten.

Die zur Verminderung der Wärmeleitungsfähigkeit häufig zur Ausführung kommenden inneren Verblendungen der Umfassungsmauern von Gebäuden, die in Holzarchitektur durchgebildet sind, werden deshalb häufig ohne Verband mit der Fachausmauerung hergestellt und durch Mörtel und eingelegte eiserne Anker oder Klammern miteinander in Verbindung gebracht.[1])

Fig. 114.



In der Schweiz, namentlich in St. Gallen, ist es üblich, die Fachwerkswände $3/4$ Stein stark auszumauern, wie dies Fig. 114 andeutet. Die Steine sind so dick, daß zwei Schichten mit der Lagerfuge die Breite eines Steines geben, so daß man immer vor zwei liegenden Steinen einen hochkantig gestellten vorblenden kann, der dann durch die folgenden Schichten wieder gehalten wird.

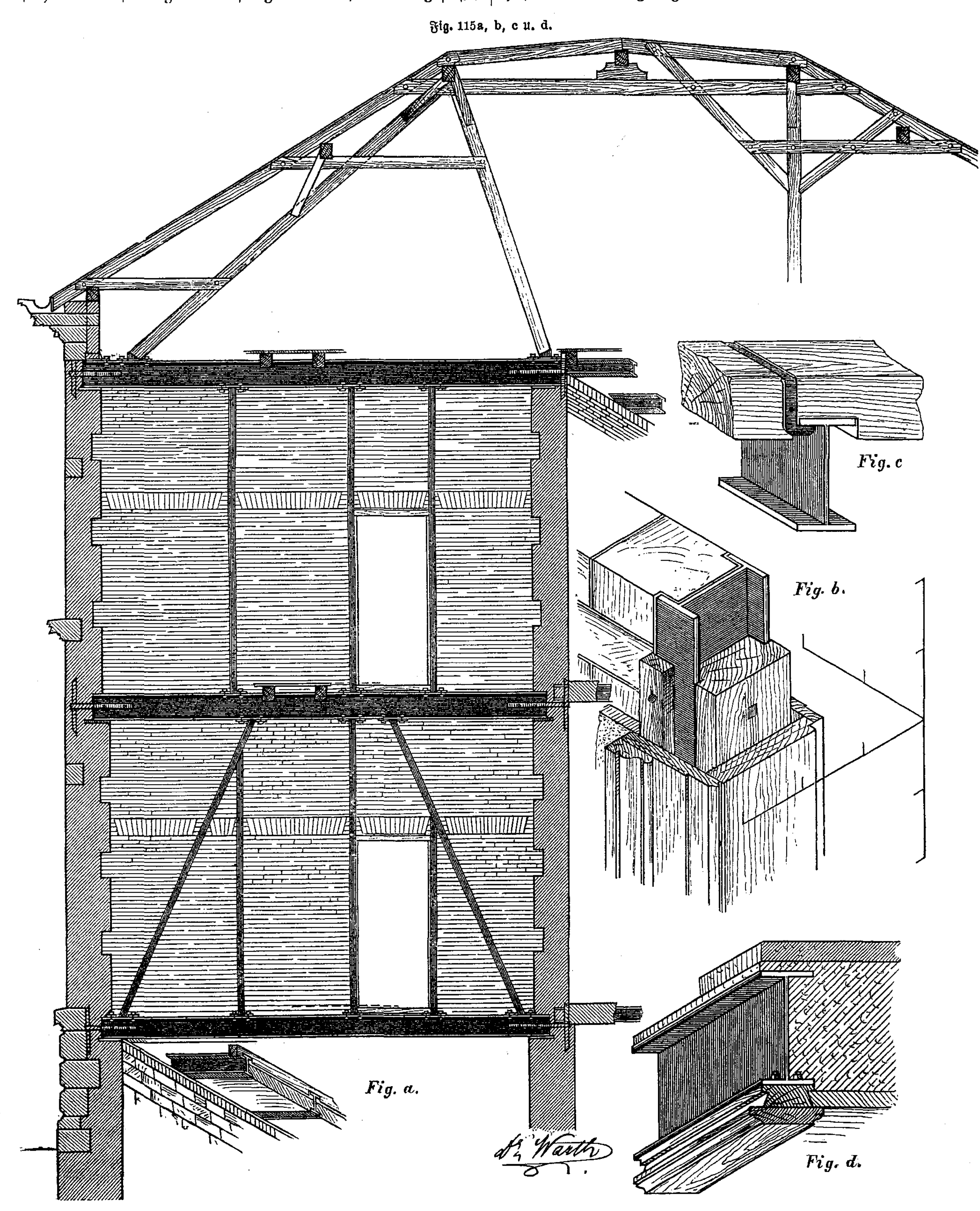
Was das Ausmauern der Riegelfache betrifft, das in der Regel $1/2$ Stein stark oder mit „liegenden" Backsteinen, seltener mit Bruchsteinen geschieht, so hat man darauf zu achten, daß die Backsteinfelder eine mechanische Verbindung mit den sie einschließenden Pfosten erhalten, da durch das Austrocknen, „Schwinden", derselben starke Fugen zwischen dem Holze und den Steinen entstehen, wodurch die Füllmauer eine freie, unsichere Stellung erhält, und auch die Erwärmung der von solchen Wänden umschlossenen Räume sehr schwierig wird.

Die gebräuchlichsten Verbindungen des Holzes mit der Füllmauer sind in Fig. 7—11, Taf. 9, zusammengestellt. Nach Fig. 7 werden die aufrecht stehenden Hölzer

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., S. 199.

der Riegelwand ihrer Länge nach und zu beiden Seiten mit dem Beile ausgehauen, „ausgespänt", und in die entstehende keilförmige Vertiefung die Backsteine eingepaßt, oder es wird, wie es gewöhnlich geschieht, nur Mörtel in die Zwischenräume eingefüllt, was eine durchaus mangelhafte Verbindung ergiebt.

Fig. 115a, b, c u. d.



Unbedingt vorzuziehen ist die Konstruktionsweise Fig. 8, nach der dreiseitig prismatische Leisten an die Pfosten genagelt werden, die den entsprechend ausgehauenen Steinen einen Halt geben.

Dasselbe bezwecken vier Fugenleisten, Fig. 9, die längs der Pfosten befestigt werden.

Bei mehreren, aus Riegelfach konstruierten Bahnwärterhäuschen der badischen Eisenbahn wurden die Pfosten an beiden Seiten $4^{1}/_{2}$ — 6 cm ausgenutet, in welchen Nuten die Spunden besonders geformter Backsteine eingreifen. Da die besonderen Formsteine sich mit den benachbarten durch den Mörtel verbinden, so ist das ganze Feld auch mit den Pfosten befestigt. Fig. 10 zeigt den Querdurchschnitt eines Pfostens mit den erwähnten Formsteinen und Fig. 11 die Ansicht eines Backsteinfeldes.

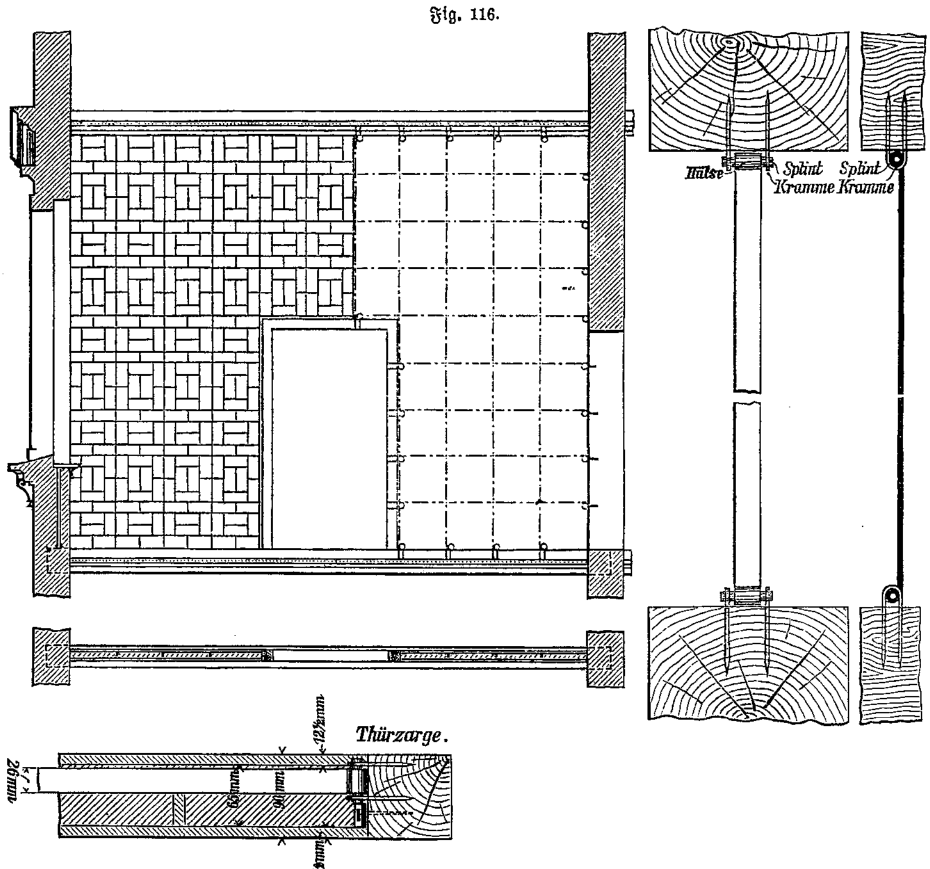
Die Verbindung zwischen Holz und Ausmauerung kann einfach und zweckmäßig auch dadurch erreicht werden, daß man große Nägel einmauert, die man etwa alle vier Schichten in Fugenhöhe seitlich in die Ständer einschlägt, so daß sie mit dem Kopfende ca. 8 cm vorstehen.[1])

Die Ausmauerung aller Riegelwände sollte des rascheren Erhärtens wegen mit hydraulischem oder mit Kalkcementmörtel (verlängertem Cementmörtel) erfolgen; bei Verwendung des gewöhnlichen Kalkmörtels macht sich der Übelstand bemerklich, daß sich durch das Schwinden des Mörtels und das Zusammentrocknen des Holzes beide Teile voneinander lösen, wodurch Fugen und Risse im Putze entstehen. Dieser Übelstand wird bei rascher bindendem Mörtel jedenfalls vermindert, und es wird eine größere Festigkeit der Ausmauerung in kürzerer Zeit erreicht.

Bei den eisernen Riegelfachen, bei denen die Ständer aus ⊏- oder I-Schienen hergestellt werden, greifen die Backsteine zwischen die Flanschen ein, und es fallen hier alle bei den Holzfachwerkswänden eintretenden Übelstände weg. Wo der gegebene Raum die Ausführung einer massiven Wand nicht gestattet, eine solche aber für die aufzunehmende Belastung erforderlich wäre, und wo es nicht auf die formale Durchbildung des Holzes abgesehen ist, sollte man statt der wenig empfehlenswerten Holzriegelfache eiserne Fachwände zur Ausführung bringen, deren Kosten einschließlich der Lieferung und Montierung der Ständer dem Preise einer massiven 1 Stein starken Mauer nahezu gleichkommen.

Stehen solche Wände auf dem Hohlen, so können sie wie die Holzriegelwände als Sprengwände ausgebildet werden, die eine sehr große Tragfähigkeit besitzen. Zum Anschlagen von Futter und Verkleidungen der Thüren müssen besondere ca. 6 cm starke Holzausfütterungen in die die Thüröffnungen begrenzenden I-Ständer eingelegt werden, Fig. 115a[1]) u. b. (Fig. 115c zeigt die Befestigung von Bodenrippen auf I-Trägern und 115d eine Anordnung zur leichten Befestigung von Isolatoren für elektrische Leitungen an I-Trägern.)

Fig. 116.



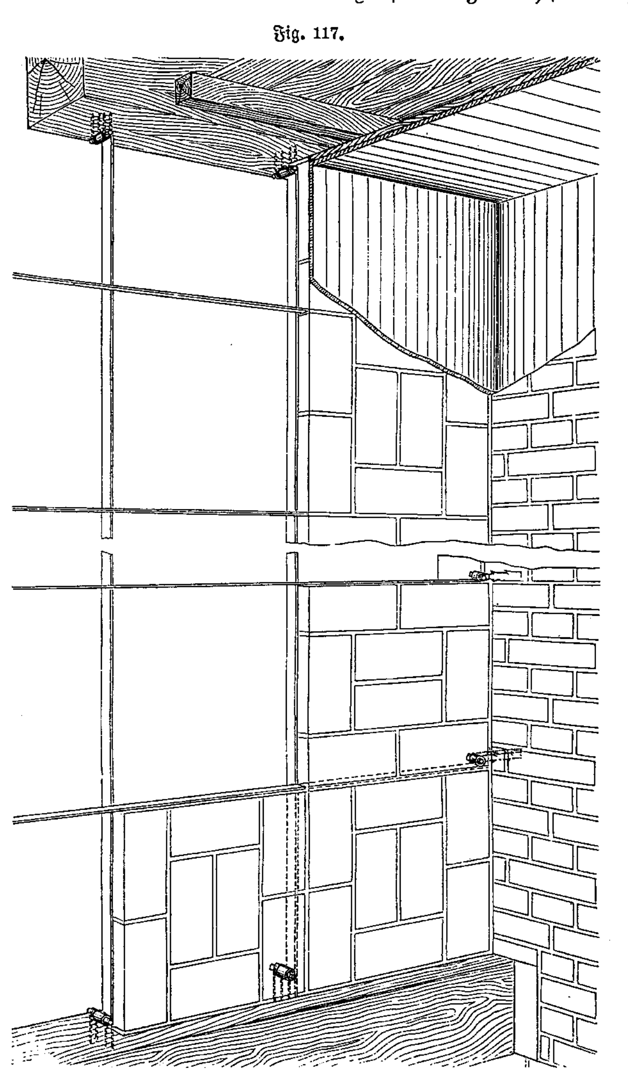
Eine eigenartige Konstruktion freitragender massiver Wände ist der Firma Prüß & Koch in Berlin patentiert worden, Fig. 116 und 117. Das System besteht aus einem Netz senkrechter und wagerechter Bandeisen, die ohne sich zu durchdringen, hochkantig zur Wandebene derart ausgespannt sind, daß sie quadratische Felder von 52 × 52 cm Größe bilden, die hochkantig mit Ziegeln oder mit aus

1) Deutsche Bauzeitung 1884. S. 287 u. 275.

1) Aus dem elektrotechnischen Institut der Techn. Hochschule in Karlsruhe, erbaut von Dr. Warth.

Ziegeln oder Beton hergestellten Platten ausgemauert werden, so daß auf der einen Seite der Wand die senkrechten, auf der andern Seite die wagerechten Bandeisen bündig liegen. Soweit die Ausmauerung an das Bandeisen grenzt, ist Cementmörtel zu verwenden, der das Eisen vor dem Rosten schützt und sich mit beiden Materialien innig verbindet. Zur Befestigung der Bandeisen werden an deren Enden Hülsen angebracht, durch

Fig. 117.



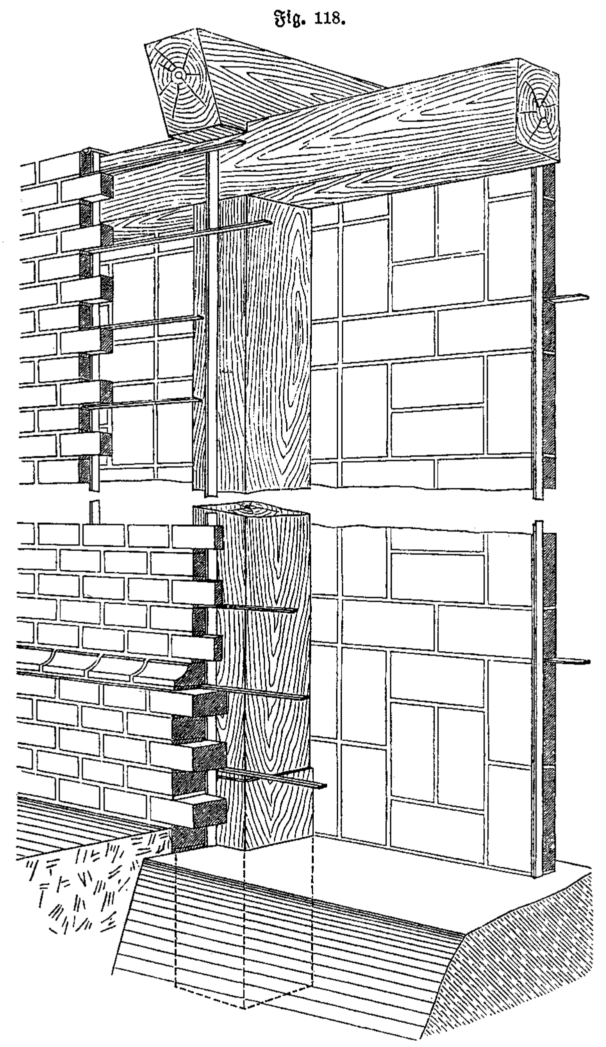
die Splinte von Rundeisen gesteckt werden, die mit Krampen und Haken an den Balken und Wänden Befestigung finden. Die senkrechten Bandeisen werden zuerst genau eingeteilt, eingelotet und straff gespannt, während die wagerechten fortschreitend mit der Ausmauerung eingezogen werden.

Die Stärke der Wand beträgt bei Verwendung von Normalziegeln ohne Putz 6 cm, mit Putz 9 cm; die Thürzargen werden aus 9 × 9 cm starken Hölzern hergestellt, die mit dem Eisengerippe der Wand fest verbunden werden.

Das eingelegte Netz von Bandeisen stellt eine feste Verspannung der Wand nach allen Seiten her; auch wird durch die hochkantige Lage der Flacheisen senkrecht zur Wandebene eine große Widerstandsfähigkeit gegen Ausbiegung erreicht.

Das System läßt sich in ähnlicher Weise auch für Verblendwände im Äußern anwenden, sowohl bei Massivbauten wie bei Fachwerk, Fig. 118. In diesem Fall

Fig. 118.



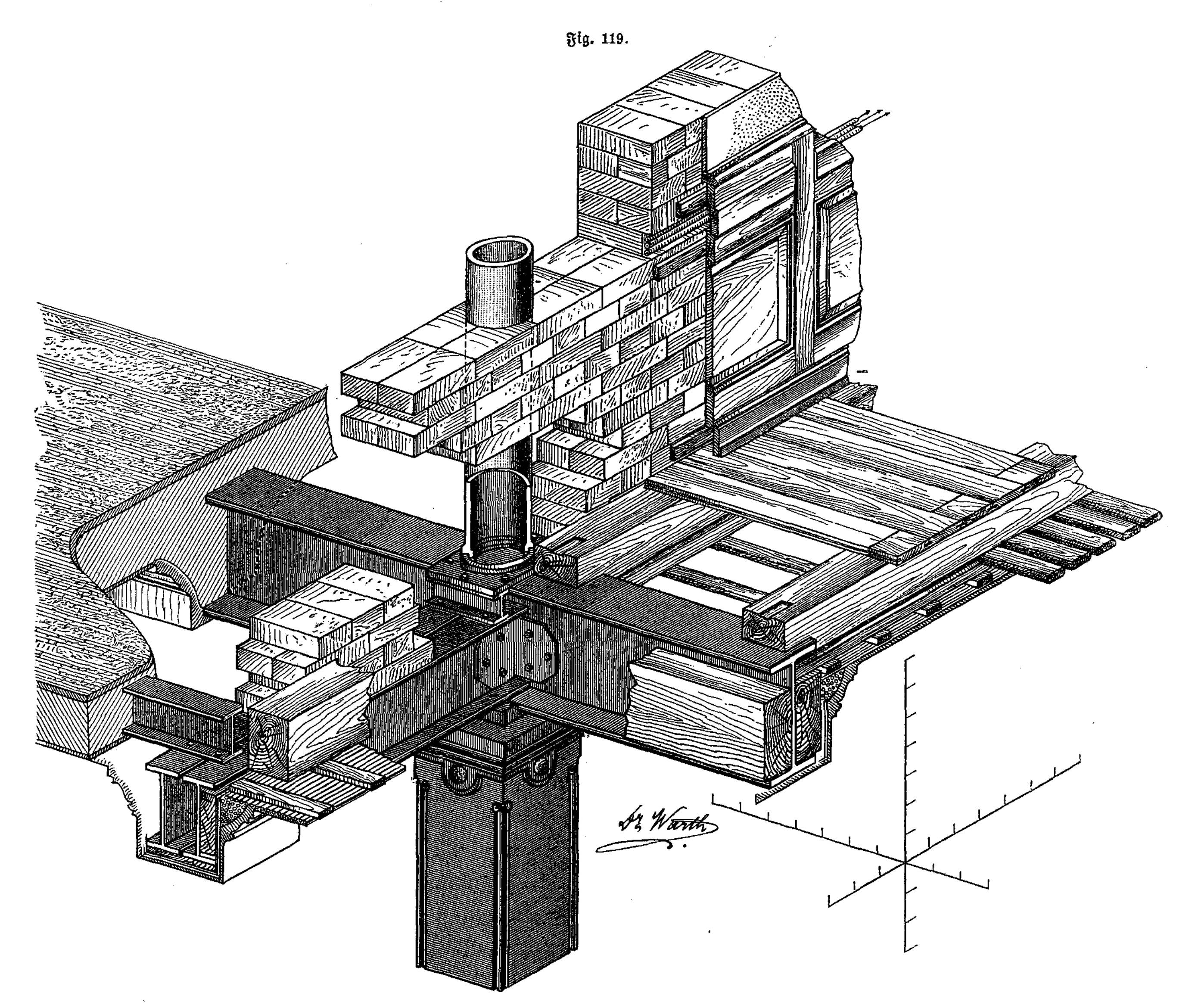
liegen nur die wagerechten Bandeisen ganz in den Fugen, während die senkrechten, dem Verbande entsprechend, teils mit den Fugen zusammenfallen, teils die Steine durchschneiden, die zu diesem Zweck 3 cm tief ausgeklinkt werden.

Schließlich geben wir in Fig. 119[1]) eine Mauerkonstruktion aus dem Neubau des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule in Karlsruhe, die sich über dem großen Maschinensaal befindet und den Zeichensaal von dem Korridor trennt. Diese Mauer ruht auf Walzeisenträgern auf gußeisernen Stützen und wurde

1) Siehe Fußnote S. 33.

nur 1 Stein stark ausgeführt, um zu große Belastung der tragenden Eisenkonstruktion zu vermeiden. Da aber die Decke des Obergeschosses ebenfalls auf querlaufenden Unterzügen hergestellt werden mußte, die auf die schwache Mauer nicht aufgelagert werden konnten, so mußten auch hier tragende Stützen eingefügt werden. Es sind dies 17 cm starke gußeiserne Hohlsäulen, die zugleich der

Fig. 119.



24,50 m langen und 4,40 m hohen nur 1 Stein starken Mauer die genügende Standfestigkeit sichern. Die gesamte Anordnung ist aus der Zeichnung ersichtlich, die zugleich zeigt, wie die für die elektrischen Stehlampen der Arbeitstische notwendige elektrische Leitung, längs der Fensterwand laufend, unter einem aufgeschraubten Fries der gestemmten Wandtäfelung verlegt ist.

Werden besonders hohe Anforderungen an die Festigkeit der Mauern, insbesondere gegen Einbruch gestellt, wie dies bei Banktresors der Fall ist, so werden beste Klinker in Cementmörtel vermauert und in die Fugen Eisen- oder Stahlstäbe in geraden oder gewundenen Formen eingelegt. Fig. 120 zeigt eine solche Konstruktion mit unanbohrbaren gehärteten Kreuzstahlstäben,[1]) die sich aufs innigste mit dem Cementmörtel verbinden und einen Durchbruch fast unmöglich erscheinen lassen. Auch in die ca. 50 cm starken Betonboden der Tresore werden derartige Stäbe eingelegt, um ein Einbrechen durch den Boden zu verhindern.

Schließlich seien hier noch erwähnt die sogenannten Dübelsteine, die ohne Einlegen von Mauerklötzchen oder dergl. das Befestigen der Schreinerarbeiten am Mauer-

1) Aus einem Prospekt der Tresorbauanstalt von S. J. Arnheim in Berlin.

werk bezwecken und damit die Gefahr von Schwammbildung beseitigen, die vielfach von den im Mauerwerk liegenden Holzteilen ausgeht.

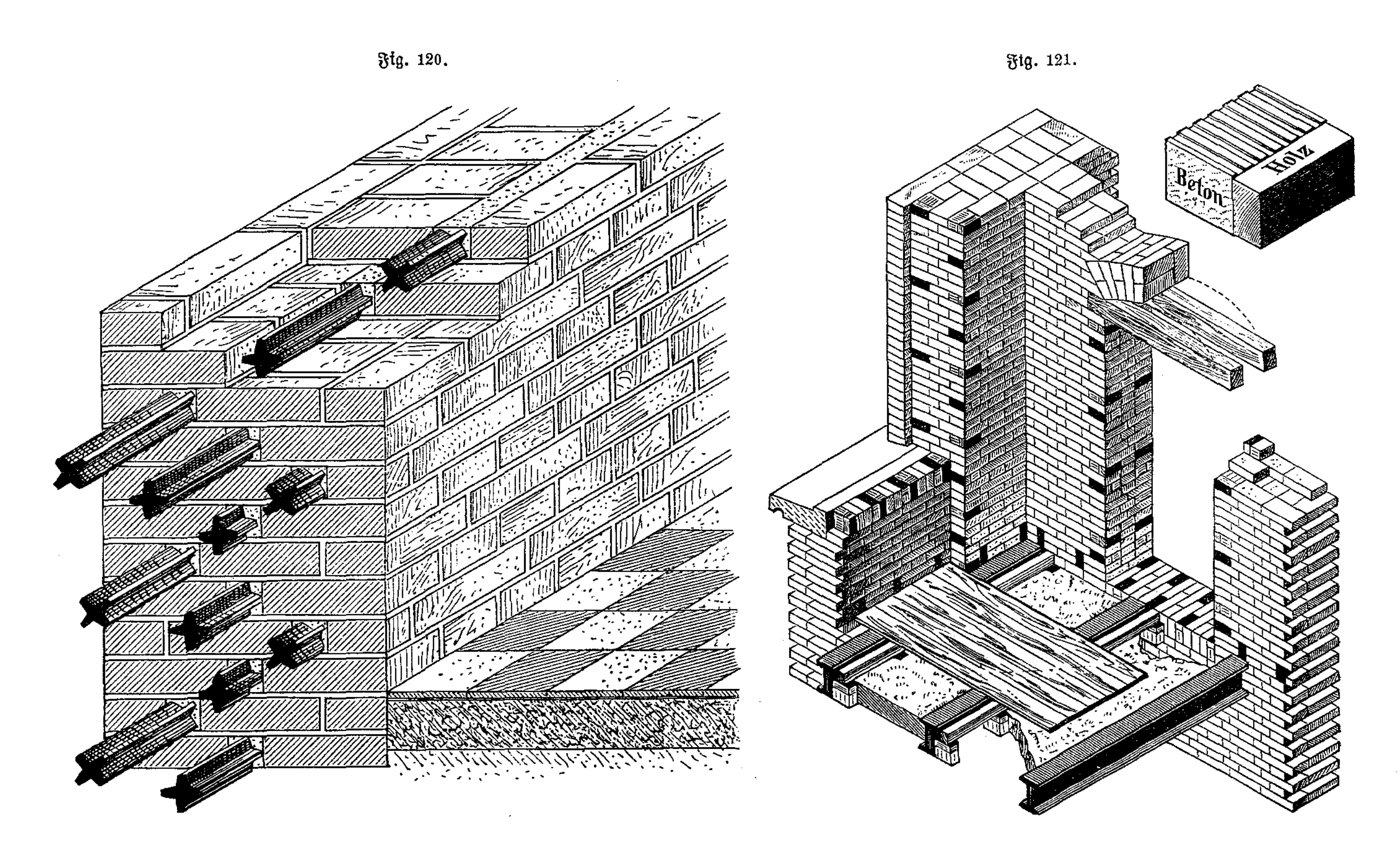
Zu erwähnen sind die Mauerdübel von Dr. Katz in Waiblingen, die in der Größe von 12 × 12 cm dem Steinverbande angepaßt sind, sich also genau wie die Steine vermauern lassen und aus Beton bestehen, mit dem ein kleines mit Karbolineum getränktes Holzklötzchen fest verbunden ist. Fig. 121 zeigt die Einmauerung dieser Steine zur Befestigung von Fenster- und Thürfutter, Verkleidungen, Lambris u. dergl.

§ 18.

Wände aus Glasbausteinen.

Vielfach soll bei neueren Bauten Licht gewonnen werden an Stellen, an denen Fenster nicht zweckmäßig sind oder überhaupt nicht angebracht werden können oder dürfen (Brandmauern, Grenzmauern u. dergl.). In solchen Fällen empfehlen sich Glasbausteine, die viel Licht in zerstreuter Strahlung in die Räume einlassen, ohne durchsichtig zu sein, und die zugleich infolge der eingeschlossenen Luftschicht isolierend gegen die Witterungseinflüsse wirken.

Fig. 120. Fig. 121.



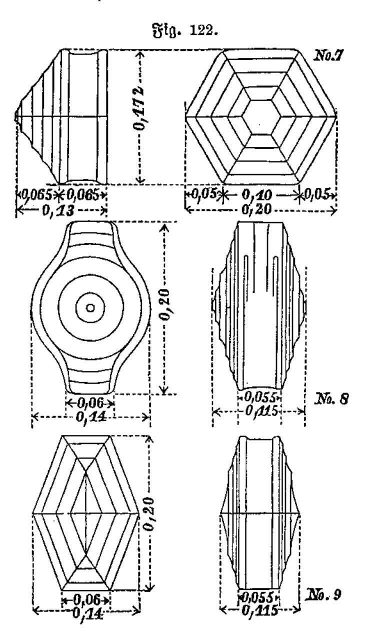
Als Ersatz dieser Dübelsteine kommen in neuerer Zeit nagelbare Steine in den Handel, die ohne Holzklötzchen in besonderer Weise hergestellt sind und sich wie die übrigen Backsteine im Verband vermauern lassen. Es sind dies die nagelbaren Steine von Architekt Meurer in Wiesbaden (Vertrieb durch W. Deiters in Darmstadt), die vornehmlich aus Bimssand und Cement bestehen, und die Steine von Baurat Ochs (Vertrieb durch die Dampfziegelei zu Niederndodeleben bei Magdeburg), die aus gebranntem Thon bestehen.[1])

1) Deutsche Bauzeitung 1901 und 1902.

Für Gewächshäuser, Fabrikbauten u. dergl., bei denen die ganzen Außenmauern in Pfeiler und Glaswände aufgelöst werden und nur einzelne Lüftungsfenster vorzusehen sind, bieten die Glasbausteine ein vortreffliches Material, das zur Herstellung von Wänden und Decken verwendet werden kann. Fig. 122 und 123 zeigen die Glasbausteine Patent Falconier, von denen die Form Nr. 7 vornehmlich zu Gewölben, die Formen Nr. 8 u. 9 besonders zu Wänden Anwendung finden. Am meisten werden die Glasbausteine aus klarem halbweißen Glas verwendet, die auch die dauerhaftesten sind. Gangbare Farben sind außerdem gelb, braun, grün, blau und opal. Die Opale werden bevorzugt für Baderäume u. dergl.

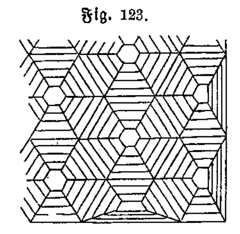
Da die eingeschlossene Luftschicht isolierend wirkt, so findet kein Schwitzen der mit Glasbausteinen hergestellten Wände und Decken statt.

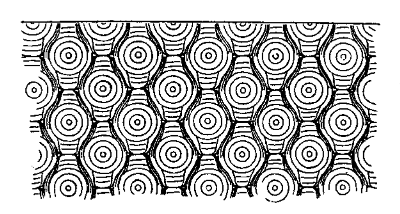
Fig. 122.

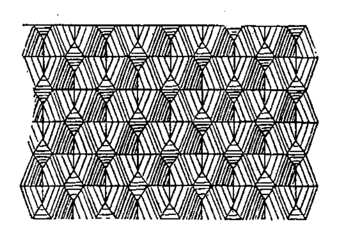


Zur Vermauerung verwendet man am besten hydraulischen Kalk mit geringem Zusatz von reinem weißen Sand; doch kann auch Cement gebraucht werden.[1]

Fig. 123.

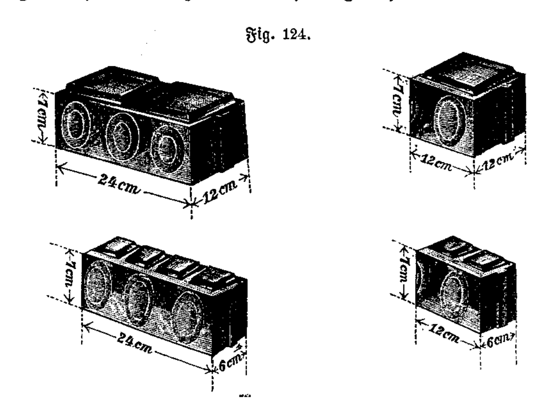






Bei größeren Flächen muß der Ausdehnung der Steine Rechnung getragen werden, besonders wenn die Arbeiten in der kalten Jahreszeit vorgenommen werden. Zu diesem Zweck werden die Seitenflächen der Steine mit einer Schicht von Leim überzogen, der von der Mörtelschicht aufgesaugt wird, wodurch jeder Stein den nötigen Spielraum zur Ausdehnung erhält.

Fig. 124.



Die „Deubener Hartglasbausteine Faust" (Sächsische Glaswerke, A.-G. in Deuben, Bez. Dresden), Fig. 124, haben die Form und die Abmessungen der gewöhnlichen Backsteine, und sind mit Erhöhungen und Vertiefungen auf den Flächen versehen, die ineinander greifen, wodurch ein fester Verband erzielt wird. Als Verbindungsmittel dient Glaserkitt, Cement, Gips, Fischleim, besonders auch eine Mischung von Bleiweiß in Öl mit Schlemmkreide. Diese Steine haben eine sehr große Druckfestigkeit und lassen sich nicht nur in zusammenhängenden Flächen, sondern auch zwischen gewöhnlichen Ziegelsteinen (zur Erzeugung von Lichteinfallstellen in sonst undurchsichtigen Ziegelmauern) verwenden.[1])

II. Die Mauern aus natürlichen Steinen.

§ 19.

Mauern aus unbearbeiteten Steinen.

Die am wenigsten regelmäßig und für den Verband der Mauern am ungünstigsten geformten Steine sind die Findlinge (Feld-, Lesesteine). Sie haben eine mehr oder weniger sphärische Gestalt, runde Ecken und Kanten und meistens unebene Begrenzungsflächen. Verbessern und als Mauermaterial tauglicher machen kann man diese Steine dadurch, daß man sie — wenn sie groß genug sind — in mehrere Stücke zersprengt, wodurch die Steine oft auch ebene Lagerflächen erhalten.

---

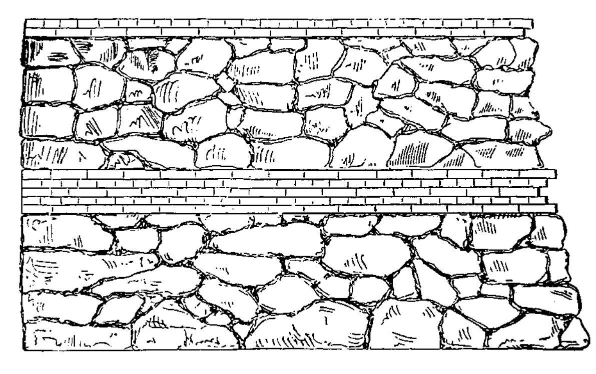
1) Siehe noch Centralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 280.

Ein regelmäßiger Verband ist nicht herzustellen, und es wird oft schon nicht geringe Mühe kosten, nur die Regel, daß keine Stoßfugen aufeinander treffen, zu befolgen. Man wird sich damit begnügen müssen, an die Ecken die größten und regelmäßigsten Steine auf ihre ebensten Begrenzungsflächen so zu legen, daß sie abwechselnd als Binder und Läufer in den übereinander liegenden Schichten erscheinen; ferner wird man danach trachten, durch eine geschickte Auswahl der Steine die Zwischenräume so klein als möglich zu machen, und die wegen der Unregelmäßigkeit der Steine immer noch bleibenden Lücken durch kleinere Steinstücke (Zwicksteine) auszufüllen; endlich so viele, wo möglich durch die ganze Mauerdicke reichende Binder, „Ankersteine", in die Mauer zu bringen, als geeignete Steine vorhanden sind.

Je nach der Größe und der Beschaffenheit der Steine muß man suchen, auf 0,9—1,2 m Höhe eine wagerechte Abgleichung anzulegen; diese wird nicht anders zu erreichen sein, als daß man die durch die unregelmäßige Gestalt der Steine entstandenen Vertiefungen mit kleineren Steinen ausfüllt, was keinen Nachteil hat, da die Festigkeit dieser Mauern in erster Linie von der Bindekraft des Mörtels abhängig ist, der die Steine der Mauer zu einer festen Masse vereinigt.

Fehlt es an den nötigen (passenden) Bindern, so kann man dem Mauerwerk dadurch eine größere Festigkeit verschaffen, daß man in Entfernungen von 1,5—1,8 cm nach Fig. 125 einige wagerechte Schichten von Backsteinen (Ziegeln) in gutem Verbande durchlegt, die dann als Binderschichten dienen.

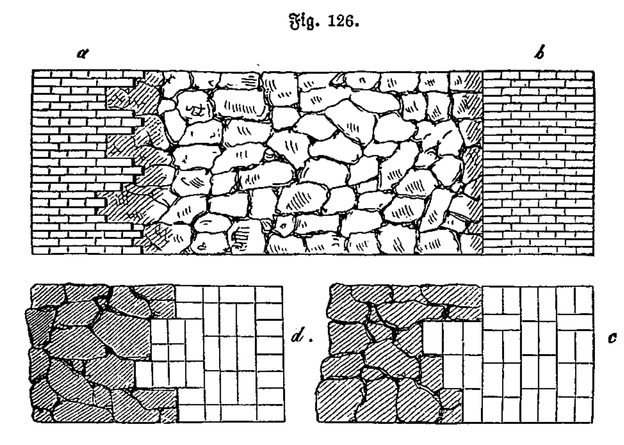
Fig. 125.



Ein großer Teil der Festigkeit solcher Mauern wird aber immer von dem verwendeten Bindemittel (Mörtel) abhängen, weshalb dessen sorgfältige Auswahl und Bereitung ein Haupterfordernis bleibt.

Sind die Steine sehr unregelmäßig oder klein und schwer zu bearbeiten, so daß man die nötigen Ecksteine nicht erhalten kann, so pflegt man diese Ecken pfeilerartig von Backsteinen, aber immer gleichzeitig mit dem andern Mauerwerk aufzuführen, wobei die Backsteine mit einer der Form der übrigen Steine angepaßten Verzahnung in die Mauer eingreifen, Fig. 126 bei a. Diese Verzahnung kann man bei starken Mauern, und wo es auf ein besseres Aussehen

Fig. 126.



ankommt, 1/2—1 Steinlänge hinter der Mauerflucht anfangen lassen, wodurch eine regelmäßigere Gestaltung gewonnen wird. Fig. 126 zeigt bei b einen solchen Eckpfeiler in der Ansicht und bei c und d zwei Schichten in der Horizontalprojektion.[1])

§ 20.

Mauern aus wenig bearbeiteten Steinen (Bruchsteinen).

Ein weit besseres Material gewähren die eigentlichen **Bruchsteine**, die in Steinbrüchen gewonnen werden. Schon die Steinart ist lagerhafter, d. h. die Steine haben zwei ebene, mehr oder weniger parallele Seiten, kommen in größerer Menge von gleicher Dicke vor und lassen sich während des Mauerns mit dem Mauerhammer etwas bearbeiten.

Bei diesem Material kann man schon mehr darauf halten, daß alle Steine in derselben Schicht von ziemlich gleicher Höhe sind. Ein Aufeinandertreffen der Stoßfugen läßt sich ziemlich vermeiden, und es fehlt selten an den nötigen Eck- und Bindersteinen.

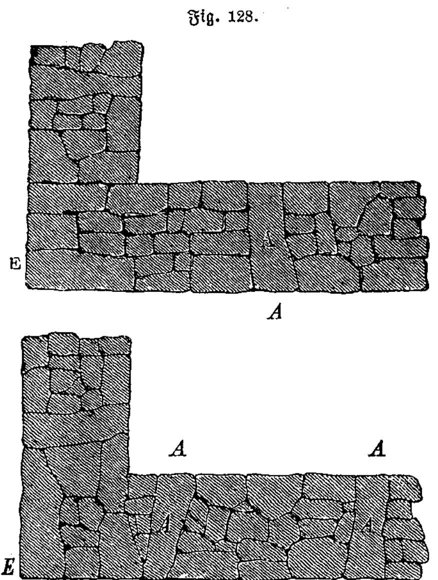
Fig. 127.

Man muß darauf sehen, daß die Mauer auf je 0,6 bis 0,9 m Höhe wagerecht abgeglichen wird, a b, c d, Fig. 127,

1) Über die Verblendung mit Backsteinen siehe den folgenden § 20.

und daß die Ankersteine in nicht zu großen Entfernungen voneinander (1,5—1,8 m) und so gelegt werden, daß ein oberer immer in die Mitte zwischen zwei tiefer liegende trifft, A, A, A, Fig. 128. An die Ecken kommen die größten und regelmäßigsten Steine abwechselnd mit ihren Längen in die Richtung der beiden Mauerfronten zu liegen E, E, Fig. 128.

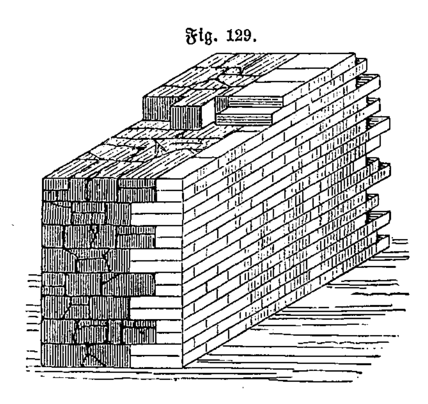
Fig. 128.



Außer den früher angegebenen Regeln, möglichst gut schließende Fugen zu machen und die entstehenden Zwischenräume mit kleineren passenden Steinstücken auszufüllen, muß besonders auch darauf gesehen werden, daß die Steine auf ihr natürliches Lager gelegt werden. Die Vernachlässigung dieser Regel hat fast immer die Folge, daß die Steine bald aufblättern und verwittern.

Sollen Bruchsteinmauern mit Backsteinen verkleidet werden, so empfiehlt sich die Konstruktion nach Fig. 129, bei der zwei im Verbande gelegte Binderschichten mit zwei

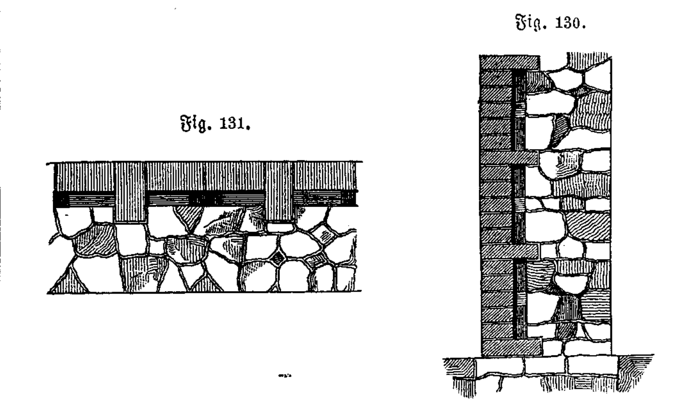
Fig. 129.



im Verbande vermauerten Läuferschichten abwechseln, wodurch eine Zahnung entsteht, so groß, daß man mit den Bruchsteinschichten einbinden kann. Dabei ist hauptsächlich darauf zu sehen, was allgemein für das Verblenden von Bruchsteinmauern gilt, daß die Hintermauerungsschichten mit den verdoppelten Verblendungsschichten ausgeebnet werden, wodurch ein sogenanntes Schichtengemäuer entsteht, wie aus dem Querschnitte ersichtlich ist.

Solche Backsteinblendungen werden auch auf den Innenseiten von Bruchsteinmauern ausgeführt, wenn solche aus Gneis, Granit u. dergl. bestehen und Räume umschließen, die trocken und warm gehalten werden sollen;

Fig. 131. Fig. 130.



denn die genannten Steine sind gute Wärmeleiter und neigen zu Schweißwasserbildungen, welche Übelstände durch eine $^1/_2$ Stein starke Backsteinverblendung an der den Wohnräumen zugekehrten Seite beseitigt wird. Noch sicherer wird der Zweck erreicht, wenn man zwischen dem Feldsteingemäuer und der Verblendung eine 6 cm starke Luftschicht anlegt, Fig. 130 u. 131; Verblendung und Bruchsteingemäuer sind durch Ankersteine in möglichst gute Verbindung zu bringen.

§ 21.

Mauern aus bearbeiteten Steinen, Quadern oder Werksteinen.

In den meisten Fällen wird man es mit Sandsteinen zu thun haben, weil sich diese am leichtesten zu regelmäßigen Körpern bearbeiten lassen. Doch gelten die für den Verband dieser Steine aufzustellenden Regeln ebenso für Marmor, Granit, Kalkstein oder irgend eine andere Steinart, sobald daraus regelmäßig geformte Steine bearbeitet werden. Diese nach einer bestimmten Form bearbeiteten Steine nennt man Werksteine, Schnittsteine oder Quader. (Fig. 132, 133, 134.)

Ehe wir die Regeln des Verbandes selbst kennen lernen, müssen wir einiges über die Bearbeitung der rauhen Steine zu Werksteinen oder Quadern mitteilen.

Die meisten dieser Steine werden als rechtwinklige Parallelepipeda bearbeitet und es wird immer vorteilhaft sein, zuerst eine rechtwinklige körperliche Ecke, d. h. drei

aufeinander senkrecht stehende Flächen herzustellen. Die erste, rohe, fast immer parallelepipedische Form bekommt der Stein schon im Bruche, weil er hier noch die Bruch-

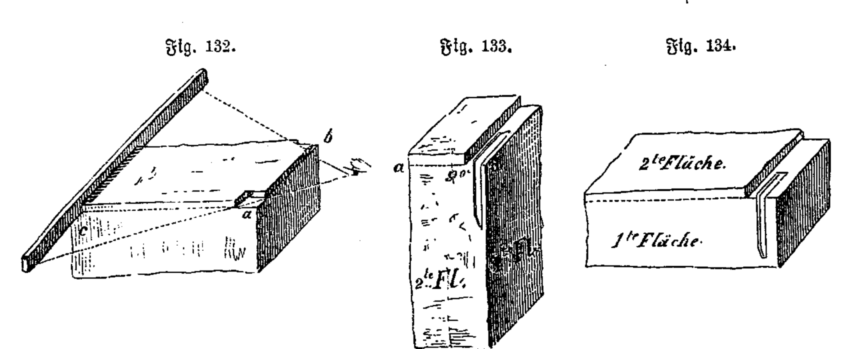
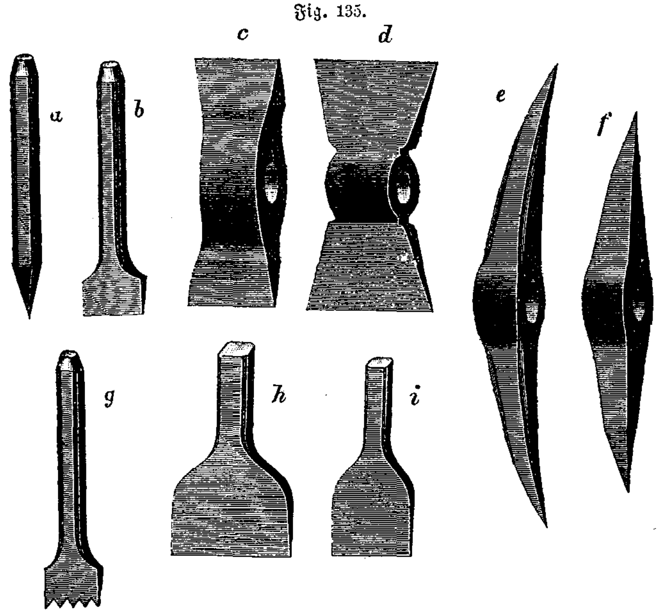


Fig. 132. Fig. 133. Fig. 134.

feuchtigkeit hat und leicht zu bearbeiten ist. Diese erste rohe Bearbeitung nennt man das **Bossieren**, das mit dem Spitz- oder Bossiereisen, Fig. 135a, vorgenommen wird, das 16—23 cm lang und 2,5 cm stark ist.

Auf dem Arbeitsplatze wird der Stein **aufgebänkt**, d. h. auf etwas erhöhte Unterlagen, aus Holz oder anderen Werkstücken bestehend, gebracht, so daß der Steinhauer, stehend oder sitzend, daran arbeiten kann.

Fig. 135.



Auf der, als die passendste ausgewählten und nach oben gebrachten Fläche des Steines wird, am besten an einer der langen Seiten, ein sogenannter **Schlag** gemacht. Ein solcher besteht aus einer schmalen (etwa 2—3 cm breiten) Fläche, die mit dem Schlageisen, Fig. 135b, nur eben so tief in die Oberfläche des Steines hineingearbeitet wird, daß keine Vertiefungen bleiben und das Richtscheit der Länge und Dicke nach darauf liegen kann. Ist der Schlag fertig, so wird an den beiden Ecken der gegenüberliegenden Kante derselben Begrenzungsfläche des Steines ein zweiter Schlag so angefangen, daß diese Anfänge mit dem fertigen Schlage in einer Ebene liegen. Man erreicht dies durch das sogenannte **Ersehen** (Visieren), indem man auf den fertigen Schlag ein langes Richtscheit stellt und nun das Auge die Unterkante des Richtscheites und den einen Schlaganfang in eine Ebene bringt und prüft, ob der zweite Schlaganfang in diese Ebene fällt. Fig. 132 wird dieses Verfahren deutlich machen.

Liegen beide Anfänge richtig, so wird der zweite Schlag vollendet, indem man mittels des Richtscheites die Linie a b auf dem Steine vorreißt. Werden nun an den beiden anderen Seiten, von denen die Figur nur eine zeigt, die beiden Schläge auch noch durch Linien wie a c verbunden, so können nach diesen ebenfalls zwei Schläge gearbeitet werden, die mit den beiden ersten in derselben Ebene liegen. Diese Schläge gelten als Leitlinien, auf denen man, beim weiteren Bearbeiten der Fläche, eine gerade Linie, das Richtscheit, sich bewegen läßt, wodurch eine Ebene erzeugt werden muß.

Dann wird der Stein **umgekantet**, d. h. eine andere, der ersten benachbarte Fläche nach oben gebracht, und auf dieser wieder ein Schlag gefertigt, der auf der zuerst bearbeiteten Fläche senkrecht steht. Hierzu benutzt man das Winkeleisen, das man an der zuerst bearbeiteten Fläche anschlägt und danach die Linie für den Schlag vorreißt, Fig. 133. Ist diese zweite Fläche ganz wie die erste bearbeitet, so muß sie an der Seite, wo man die dritte, mit den beiden ersten rechtwinklig zusammenstoßende Fläche bearbeiten will, rechtwinklig auf die zwischen der ersten und zweiten Fläche entstandene Kante durch eine Gerade a d, Fig. 133, begrenzt werden. Die auf dieser dritten Fläche zu machenden Schläge müssen auf der zweiten senkrecht stehen und zugleich die Grenzlinie a d berühren.

Hat man diese drei Flächen des Steines, aufeinander senkrecht stehend, bearbeitet, so ist es leicht, auf den drei, eine rechtwinklige körperliche Ecke bildenden Kanten die Abmessungen der Werkstücke nach Länge, Breite und Höhe abzutragen und den Stein zu vollenden.

Es ist dabei angenommen, daß der Stein auf allen Seiten eben bearbeitet werden soll. Ist dies nicht der Fall, so können die Schläge allein dargestellt und die dazwischen liegenden Teile stehen gelassen werden. Diese zwischen den Schlägen stehen bleibenden Teile heißen **Bossen**.

Soll ein Stein in seinen Seitenflächen nach anderen Figuren als Rechtecken bearbeitet werden, so bedient man sich hierzu der **Schablonen**, **Brettungen** oder **Lehren**. Es sind dies die Projektionen der Seiten des Steines auf eine, ihrer Lage nach gegebene Ebene, die nach dem wirklichen

Maße aufgetragen und aus Holz, Blech oder Pappendeckel genau ausgeschnitten werden, und die dann zur Bearbeitung der bezüglichen Seite des Steines in der Art benutzt werden, daß man sie auf die Fläche legt und die Kontur an ihren Kanten herum mit Rotstein, oder besser mit einem spitzen Eisen, auf den Stein zieht.

Je nach der Art der Bearbeitung und je nachdem man das eine oder das andere Instrument hierbei anwendet, nimmt die Bearbeitung auch verschiedene Namen an.

Wird die Fläche nur mit der Zweispitze, Fig. 135 e u. f, bearbeitet, wobei sie noch bedeutende Unebenheiten behält, so heißt sie gespitzt; man unterscheidet ordinär und fein gespitzte Flächen. Bei letzterer Arbeit müssen die sichtbaren Schläge der Zweispitze alle parallel sein, was bei der ersteren nicht verlangt wird. Soll die Fläche ebener bearbeitet werden, so wendet man bei weichen

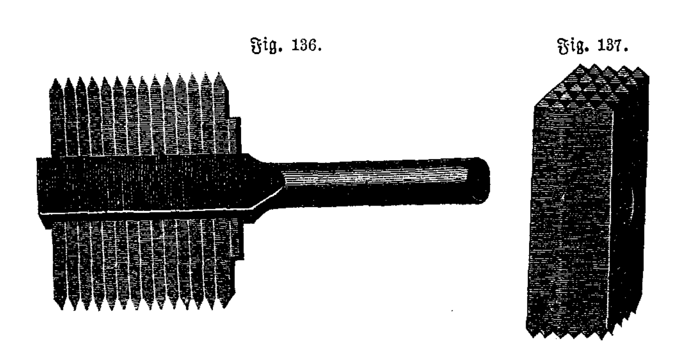


Fig. 136. Fig. 137.

Steinen das Kröneleisen, Fig. 136, bei harten den Stockhammer, Fig. 137, an, und die Arbeit heißt dann gekrönelt oder gestockt. Wenn das Kröneleisen seiner Größe wegen nicht gebraucht werden kann, so verwendet man das Zahneisen, Fig. 135 g, und die Arbeit heißt dann gezähnelt. Eine weitere Vervollkommnung erfolgt durch das Aufschlagen, wozu man sich des Scharriereisens, Fig. 135 h u. i, bedient, und die Fläche heißt dann aufgeschlagen oder scharriert. Zuweilen wird auch nur an der Begrenzung der Fläche ein schmaler Streifen aufgeschlagen; dann nennt man die Arbeit: mit „aufgeschlagenen Fugen".

Zur Bearbeitung des Granites bedient man sich der Fläche, Fig. 135 c u. d, und die Arbeit heißt dann geflächt. Soll endlich die Fläche zur möglichst vollkommenen Ebene bearbeitet werden, so schleift man sie mit Wasser und einem feinkörnigen scharfen Sandsteinstücke, wobei man zuerst grobkörnigen und dann immer feinkörnigeren Sand anwendet. Die Fläche heißt dann geschliffen.

Bei einem bearbeiteten Werkstücke heißt die Fläche, auf die es in der Mauer gelegt werden soll, das untere, die dieser gegenüberliegende das obere Lager; die Fläche, gegen den seitwärts anliegenden Stein gerichtet, heißt Fuge (Fugenfläche), und die in der äußeren Seite der Mauer liegende das Haupt, die Stirn des Steines. Das untere Lager wird gewöhnlich mit #, das obere mit ○ oder ⊖ bezeichnet.

§ 22.

Verband der Quader.

Bei den Mauern aus Quadern müssen wir solche unterscheiden, die ganz aus Werkstücken bestehen, von denen, deren eigentlicher Kern aus Bruch- oder Backsteinmauerwerk errichtet ist, und die nur mit Quadern oder Werkstücken verblendet (verkleidet) sind.

Für den Steinverband der Mauern aus Werkstücken oder Quadern gelten im allgemeinen dieselben Regeln wie für das Mauerwerk aus künstlichen Steinen. Die Verbindung ist indessen noch leichter zu erreichen, weil die weit größeren Werkstücke durch ihr eigenes Gewicht festliegen, und das Bindemittel (Mörtel) hauptsächlich dazu dient, die Zwischenräume in den Fugen zu füllen, die Unebenheiten der Lagerflächen auszugleichen, die Druckverteilung herbeizuführen und das Eindringen der Nässe zu hindern.

Wird die aufzuführende Mauer nur so stark, daß man dieses Maß den aus den vorhandenen Steinen zu bearbeitenden Läufern zur Breite geben kann, so besteht auch die ganze Mauer nur aus Läufern, die so übereinander gelegt werden, daß die Stoßfugen womöglich auf die Mitte eines darunter liegenden Steines treffen. Dies ist indessen nur auszuführen, wenn die Läufer alle gleich lang sind, und man hat, wenn dies nicht der Fall ist, darauf zu sehen, daß die Stoßfugen einer Schicht, horizontal gemessen, wenigstens 24—39 cm von denen der darunter und der darüber liegenden Schicht entfernt bleiben.

Wird die Mauer stärker, so legt man nach Erfordernis zwei oder drei Läufer in einer Schicht hintereinander im Verbande und darüber eine Binderschicht, deren Steine die Mauerstärke zur Länge erhalten. Haben hierbei die Binder die halbe Länge der Läufer zur Breite, so entsteht im Äußeren der Mauer entweder der Block- oder der Kreuzverband, je nachdem man die für diese Verbände früher gegebenen Regeln befolgt, Fig. 1, Taf. 10.

Ist die Stärke der Mauer so bedeutend, daß die Bindersteine nicht mehr durch die ganze Mauer reichen, so wird in der Regel nur eine Verblendung mit Quadern, entweder auf einer oder auf beiden Seiten der Mauer angeordnet, und der übrige Teil mit Bruch- oder Backsteinen aufgeführt. Besonders bei Wasserbauten, bei Aufführung von Brückenpfeilern, Futter- oder Quaimauern wird die beiderseitige Verkleidung angewendet, während bei den Hausteinfassaden nur auf der äußern Seite eine Werksteinverblendung vorgenommen wird.

Die Backstein- und die Bruchsteinhintermauerungen erhalten auf die gleiche Höhe eine größere Zahl 10—15 mm starker Lagerfugen als die Quaderblendung, deren Fugen nur 2—5 mm stark sind; diese Verschiedenheit in Zahl und Dicke der Mörtelbänder bewirkt, daß ungleichmäßiges Setzen eintritt, das leicht eine Trennung der beiden Teile veranlaßt. Dadurch leidet aber die Festigkeit der Mauer bedeutend, und im richtigen Gefühle dieses Übelstandes macht man solche Mauern stärker, als wenn sie aus gleichartigem Material beständen.

Um das Setzen des Mauerkerns möglichst zu verringern, empfiehlt sich die Verwendung eines guten, rasch erhärtenden hydraulischen Mörtels bei engen Fugen. Insbesondere bei Bruchsteinhintermauerungen ist darauf zu achten, daß große lagerhafte Steine mit engschließenden Fugen dicht an die Hausteine angeschlossen werden, um einen möglichst soliden Mauerkern ohne größere Mörtelnester zu erhalten.

Eine durchaus solide Herstellung des Mauerkerns ist auch erforderlich, um das Abdrücken der Bindersteine zu verhüten, die zur Verbindung der Blender mit dem Kern in die Hausteinverkleidung eingelegt werden.

Bei dünnen, beiderseits verblendeten Mauern, oder bei auf allen Seiten verkleideten freien Pfeilern, wie Strebepfeilern, sollte man auch den Mauerkern aus roh bearbeiteten Quadern oder Schichtsteinen von gleicher Höhe mit denen der Verblendung ausführen, um gleichartiges Mauerwerk zu erhalten.

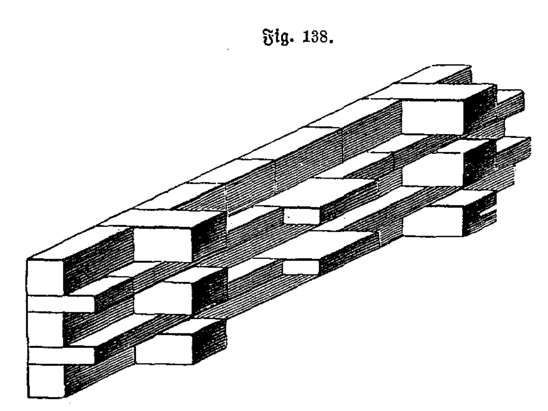
Backsteine und lagerhafte, in den Stoßfugenflächen etwas bearbeitete Bruchsteine geben die beste, Feldsteine oder Geschiebe die schlechteste Hintermauerung.

Für diese Blendungen wendet man verschiedene Steinverbände an, die um so fester sein werden, je mehr Binder- oder Ankersteine vorkommen. Den besten Verband geben deshalb abwechselnde Läufer- und Binderschichten; doch wird, da die Bindersteine viel Material erfordern und daher teuer sind, dieser Verband in den meisten Fällen zu kostspielig werden, weshalb man ihn nur bei niedrigen Mauern, etwa bei Sockeln von Gebäuden, anwendet.

Ein sehr fester und für die meisten Fälle ausreichender Verband ergiebt sich, wenn in jeder Schicht zwischen zwei Läufern ein Binder liegt, der immer auf die Mitte eines Läufers der unteren und der oberen Schicht trifft, Fig. 2, Taf. 10, so daß die Mauer im Äußeren den gotischen oder polnischen Verband zeigt. Weniger Festigkeit gewährt der Verband, bei dem in jeder Schicht zwischen zwei Bindern zwei oder drei Läufer liegen, Fig. 3, Taf. 10 und Fig. 1, Taf. 11, und noch weniger der, bei welchem ganze Läuferlagen, ohne alle Binder, vorkommen.

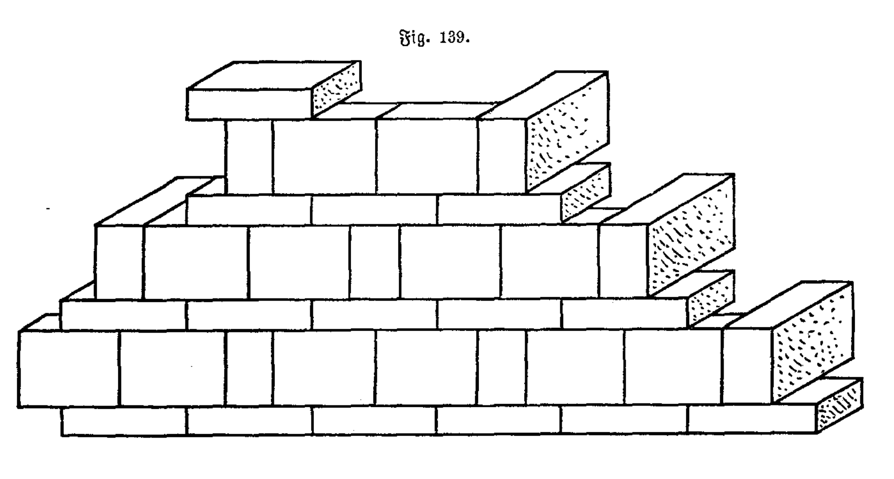
Im letzteren Fall kann man die Festigkeit des Verbandes dadurch etwas erhöhen, daß man die Läuferlagen, in denen keine Binder vorkommen, breiter macht als die, in denen Binder liegen; und da gewöhnlich die Steine, die einen größeren kubischen Inhalt haben, die verhältnismäßig teuersten sind, so kann man hierbei an Kosten ersparen, wenn man den breiteren Läuferlagen eine geringere Höhe giebt.

Fig. 138.



Einige der gebräuchlichsten dieser Verbände geben die Figuren 4—7, Taf. 10 und 2—4, Taf. 11, in denen die Binder in der Stirn der Mauer schraffiert sind. Den Verband Fig. 6, Taf. 10, von der hinteren Seite, ohne die Hintermauerung, stellt Fig. 138 in isometrischer Projektion dar, und einen ähnlichen giebt Fig. 139, bei dem sich jedoch die Binder nur in den hohen Schichten finden. Läufer und Bindersteine sind hier hochkantig gestellt, was nur bei einem nicht lagerigen Hausteinmaterial zulässig ist, da ein solches rasch auf- und abwittern würde.

Fig. 139.



Gewöhnlich erhalten die Läufer die zwei- bis dreifache Höhe zur Länge und die ein- bis zweifache Höhe zur Tiefe, die Binder dagegen die ein- bis zweifache Höhe zur Länge und die drei- bis vierfache Höhe zur Tiefe, Fig. 140 a u. b.

In stark geböschten Mauern giebt man den Steinen gern, um die scharfen Kanten zu vermeiden, eine etwa 9 cm breite Abstumpfungsfläche, die mit der geböschten einen Winkel von 90 Grad bildet, Fig. 141. Ein ähnliches Verfahren wendet man an, wenn eine Mauer nicht lotrecht, sondern in einer geneigten Ebene endigt, wie z. B. die Flügelmauern bei Brücken u. s. w., Fig. 142.

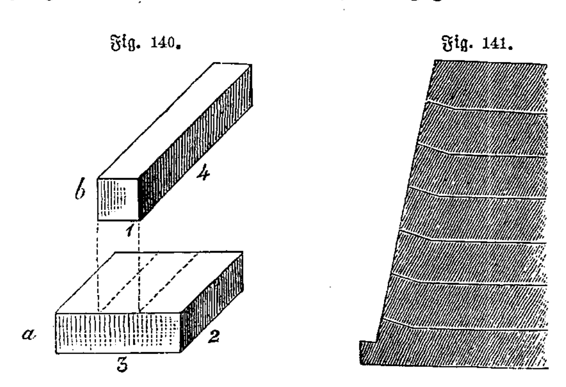
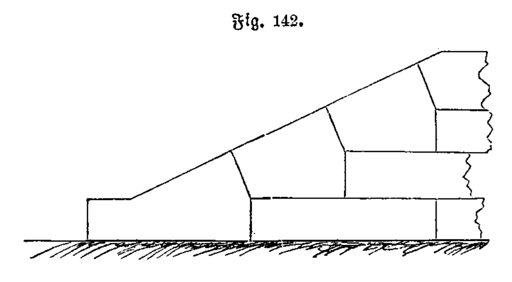


Fig. 140. Fig. 141.

Sobald man die Werkstücke mit anderen Steinen zu einer Mauer vereinigt, dürfen sie nur soweit bearbeitet werden, als sie mit anderen Werkstücken in Berührung


Fig. 142.

kommen, und an der Fläche, mit der sie in der Stirn oder dem Haupte der Mauer liegen. An allen Seiten aber, wo sie mit der Hintermauerung zusammentreffen, läßt man sie rauh, damit sie eine bessere Verbindung mit dem Mörtel eingehen, der an glatt bearbeiteten Flächen nicht oder nur wenig haftet.

Schließlich sei der Mauerverkleidung mit Quadern in formaler Beziehung gedacht.

Bekanntlich erhält ein Gebäude, dessen Umfassungsmauern mit Quadern verkleidet sind, den Ausdruck der Monumentalität, der durch die Größe der Steine, durch die Behandlung ihrer Oberfläche und deren Begrenzung, sowie durch die Art des Verbandes gehoben oder geschwächt werden kann.

Für die gewöhnlichen Wohngebäude werden 18—30 cm als Höhe der Quaderschichten ausreichen; bei Monumentalbauten von bedeutenderen Abmessungen werden die Schichtenhöhen entsprechend größer werden.

Die Schichtenhöhe läßt man bei mehrstöckigen Gebäuden nach oben abnehmen, so daß das untere Geschoß höhere Schichten zeigt als das nächstfolgende u. s. f., wodurch den statischen Verhältnissen Rechnung getragen wird; denn, da die unteren Steine einem größeren Druck zu begegnen haben als die oberen, so wird ihnen durch Vermehrung ihrer Höhe auch der Schein größerer Tragfähigkeit gegeben. Auch durch die Behandlung der Oberfläche

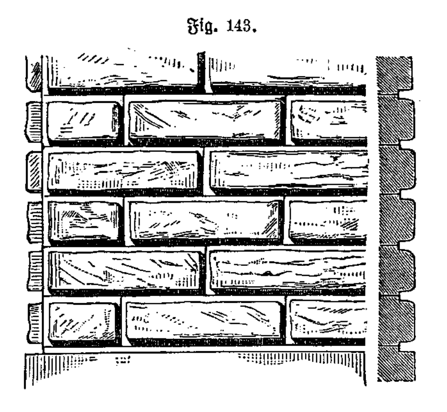
Fig. 143.


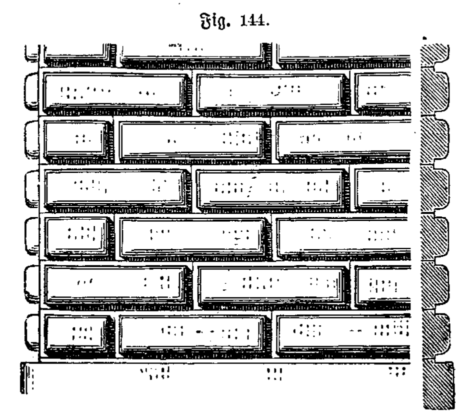
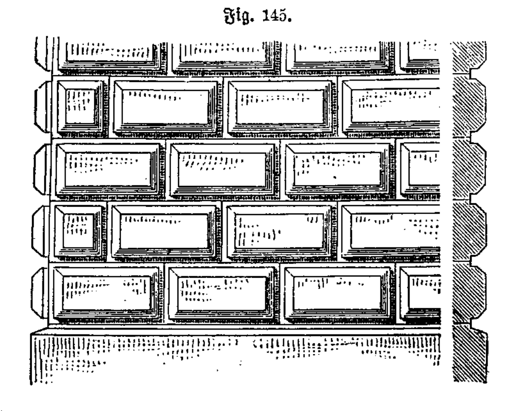
Fig. 144.


Fig. 145.


der Steine kann man sowohl dem ganzen Gebäude als den einzelnen Etagen einen bestimmten Charakter verleihen, welcher vom rauh gespitzten, Fig. 143 (opus rusticum der Römer), bis zum fein geschliffenen Quader verschiedenen Abstufungen unterworfen ist.

Betrachtet man die Steinstruktur mehr als Grund, von welchem man die Einfassungen oder Umrahmungen

der Fenster- und Thürenöffnungen recht abtreten lassen möchte, und hat man es, wie dies bei Wohnhäusern meistens vorkommt, mit kleinen Pfeilern zu thun, so dürfte die einfachste Verkettung der Quader, ähnlich dem isodomos der Griechen (dem opus isodomum der Römer), worunter

Fig. 146.

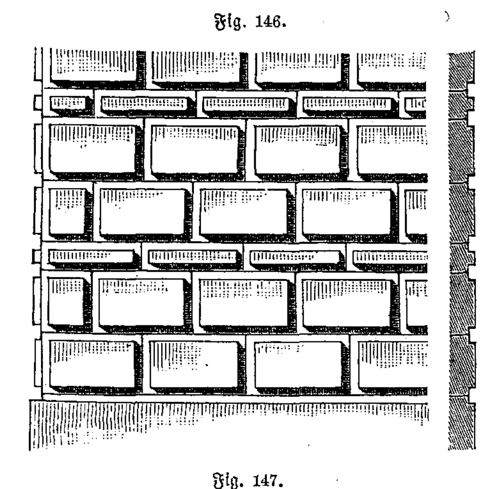


Fig. 147.

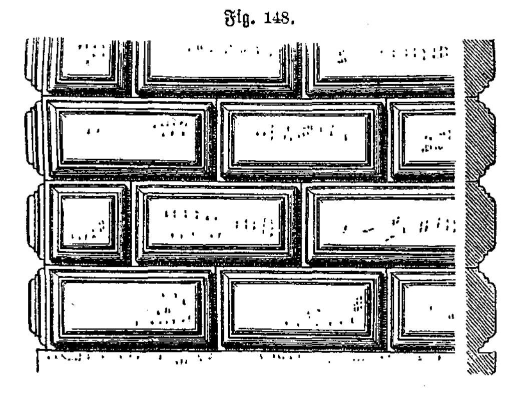


Fig. 148.

man ein Quaderwerk aus Schichten von gleicher Höhe und Steinen von gleicher Größe versteht, den Vorzug verdienen, Fig. 144, 145, 147, 148. Beabsichtigt man dagegen die Monotonie großer Mauerflächen zu unterbrechen, dann möchte ein Wechsel in der Schichtenhöhe etwa nach Fig. 146 am Platze sein.[1])

1) Semper, Der Stil, 1897, S. 342, § 164.

§ 23.

Mittel zur Verbindung der Quader. (Steinverbindungen.)

Um feste Steinkonstruktionen zu erhalten, bei denen die Bewegung einzelner Steine durch irgendwelche seitlichen Beanspruchungen ausgeschlossen ist, werden außer dem Steinverbande und der Verkittung durch den Mörtel entweder noch besondere Hilfsstücke zur Verbindung angewendet, oder es werden die Steine durch besondere Formung der Fugenflächen und durch künstliches Ineinandergreifen in ihrer Lage gesichert.

Sind die einzelnen Quader nicht sehr groß, mithin von nicht sehr bedeutendem Gewichte, so wendet man wohl, um das Ausweichen der einzelnen Steine zu verhüten, Dübel, d. h. eiserne oder hölzerne Bolzen an, die in einer auf der Lagerfuge senkrechten Stellung um mehrere Centimeter in die oberen und die unteren Lager der Steine eingreifen, Fig. 149. Auch der eisernen Klammern und der

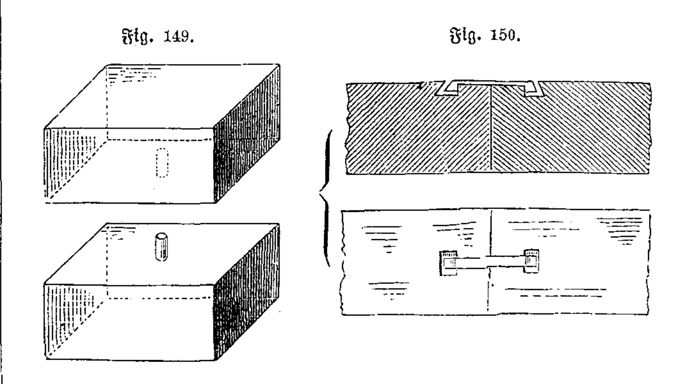


Fig. 149. Fig. 150.

eisernen und hölzernen Schwalbenschwänze bedient man sich zum Zusammenhalt der einzelnen Steine einer Schicht, Fig. 150 u. 151, und läßt diese Klammern, auch bei großen Steinen, an den Ecken der Mauern selten fehlen, was alles das bestätigt, was wir über den geringen Zusammenhang der Steine durch das Bindemittel bemerkt haben.

Derartige Verklammerungen finden sich in ausgedehntem Maße bei den Quaderbauten des Altertums, da diese ohne Mörtel ausgeführt wurden und die Steine daher gegen das Verschieben durch die Verklammerung gesichert werden mußten. Bei ägyptischen, lydischen, persischen, griechischen, etruskischen, frührömischen und syrischen Quadermauern tritt der Schwalbenschwanz auf, der sich auch an der sogenannten Heidenmauer auf dem Ottilienberge im Elsaß findet. Die |—|-Klammer erhielt in der Folge bei den Griechen den Vorzug, während sich die Römer gewöhnlich mit der einfachen an den beiden Enden umgebogenen Klammer begnügten. Eisen war das gewöhnliche Verbindungsmaterial, hölzerne und bleierne Schwalben-

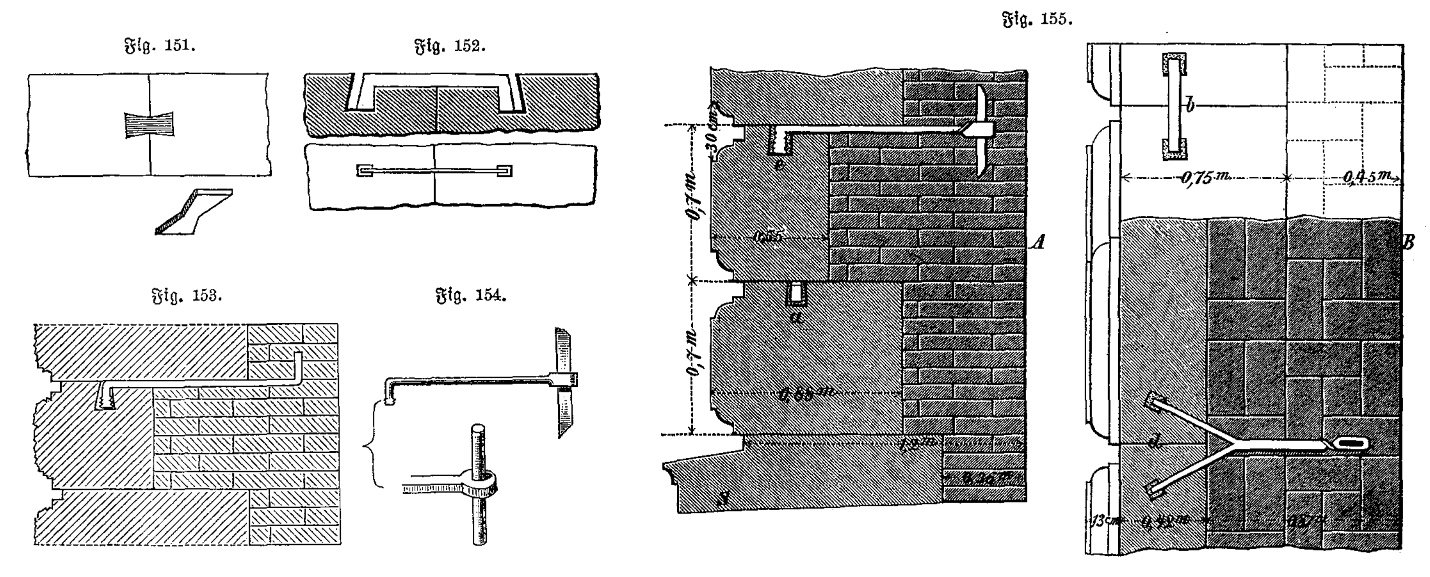
schwänze finden sich an verschiedenen Orten, Bronze als Verbindungsmaterial findet sich nur sehr selten.[1])

Sehr häufig wendet man die eisernen Klammern bei der obersten oder Deckschicht einer Mauer an, um die Lage der Steine zu sichern (bei Brüstungs- und Flügelmauern). In diesem Fall reizen die eisernen Klammern ihres Metallwertes wegen oft zur Entwendung, besonders dann, wenn das Bauwerk bei einsamer Lage der Aufsicht entzogen ist. Man kann alsdann die Klammern so legen, wie es Fig. 152 zeigt, d. h. so, daß die größte Querschnittsabmessung des Eisens lotrecht steht, während man gewohnt ist, diese Abmessung wagerecht nach Fig. 150 zu richten.

Die in den Stein greifenden, abgebogenen Enden der Klammern werden an ihrem äußeren Ende etwas dicker gestaltet, und die für ihre Aufnahme bestimmten Löcher demgemäß schwalbenschwanzförmig erweitert, um das Herausziehen der Klammern zu erschweren.

Ähnliche Klammern, Fig. 153, oder Anker mit Splinten, Fig. 154 u. 155, werden auch zur Festhaltung der Steine in der Weise eingelegt, daß sie in die Hintermauerung eingreifen, wodurch zugleich eine solide Verbindung zwischen Verkleidung und Mauerkern hergestellt wird.

Eine ausgezeichnete Verbindung der aneinander gereihten Steine erhält man durch Flacheisen, die senkrecht


Fig. 151. Fig. 152. Fig. 153. Fig. 154. Fig. 155.

Die Klammern werden in den Stein mit Gips, Schwefel, Asphalt, Blei oder Cement eingegossen. Der Gips ist nur da haltbar, wo er trocken bleibt, und der Schwefel greift das Eisen leicht an. Der Asphalt dürfte seiner geringen Widerstandsfähigkeit wegen seltener verwendet werden. Sehr oft wird das Blei angewendet, es muß aber, weil es beim Erkalten sein Volumen verringert, aufgekeilt werden, so daß es da, wo man nach dem Vergießen nicht beikommen kann, nicht anwendbar ist.

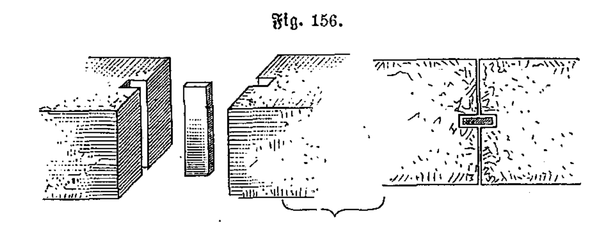
Wenn man mit Blei vergießt, so hat man sich vorher zu überzeugen, ob das Loch auch vollkommen trocken ist, weil auch die kleinste Menge Wasser durch das flüssige Blei in Dampf von großer Spannung verwandelt wird, welcher das Blei umherschleudert, wodurch schmerzhafte Brandwunden verursacht werden können. Man pflegt daher die Löcher gleich nach dem Einstemmen mit einem Steine u. s. w. zu bedecken, um sie gegen den Regen zu schützen.

Cement, der sich mit Eisen und Stein vortrefflich verbindet, ist das beste Material zum Eingießen der eisernen Verbindungsstücke.

1) Handbuch der Architektur II. Teil, I. u. II. Bd.

in korrespondierende Nuten der zusammenstoßenden Steine mit Cementmörtel eingegossen werden, Fig. 156.

Da das Eisen leicht oxydiert, so sucht man es durch einen Überzug von Pech, Öl oder Asphalt, worunter man gepulverte Holzkohle mischt, oder durch Verzinnen oder

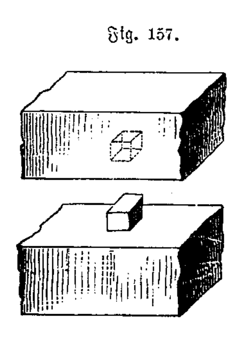
Fig. 156.


Verzinken zu schützen. Auch gebraucht man die Vorsicht, alle Eisenteile im Innern der Mauer anzubringen, um sie dem Einfluß der Atmosphäre, mithin dem leichten Oxydieren soviel als möglich zu entziehen.

Bei großen Quadern hat man zur Verbindung auch schon Dübel von sehr harten und zähen Steinen verwendet, die etwa 30 qcm Querschnitt haben, ca. 15 cm

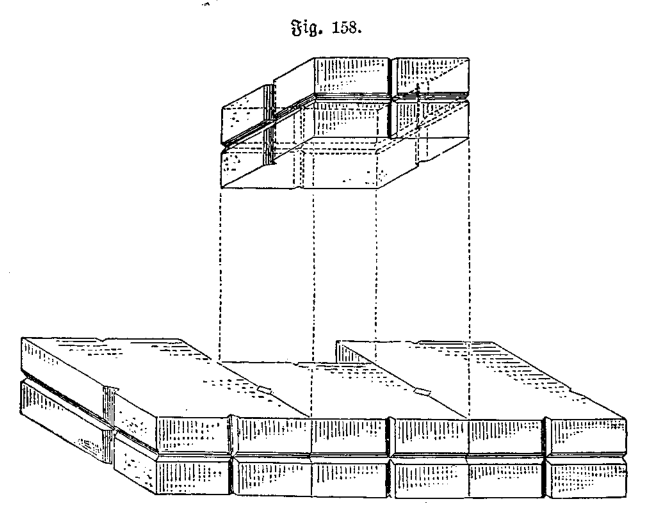
lang sind und mit Cementmörtel sorgfältig eingegossen werden, Fig. 157.

Fig. 157.



Bei den Docksbauten zu Great-Grimsby hat man eine eigenartige Verbindung der Quadersteine auf folgende Weise ausgeführt. An allen Stoßfugenflächen, Fig. 158, sind dreieckige Rinnen eingehauen, die so miteinander korrespondieren, daß, wenn man die Steine aneinander legt, diese Rinnen viereckige Kanäle von etwa 10,5 cm Seite bilden, die mit einem Beton aus Cement, Sand und kleinen Kieselsteinen ausgegossen wurden, wodurch die Steine, die sorgfältig in ein Mörtelbett versetzt wurden, auch in den Stoßfugenflächen eine unveränderliche Verbindung erhielten.

Fig. 158.



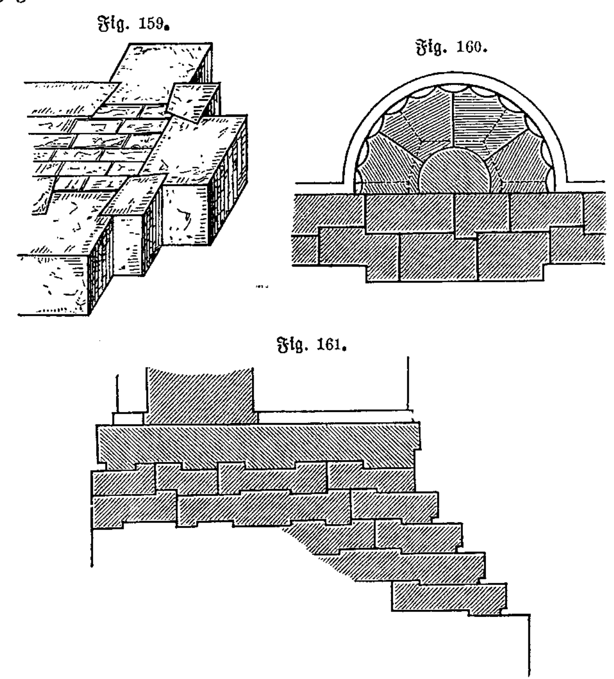
Will man die Klammern und Dübel nicht anwenden, so kann man den Steinen auch durch ein künstliches Ineinandergreifen eine sichere Lage geben; die Verbindungsart der Steine beim Bau des Leuchtturmes auf Edingstone giebt hierfür ein sehr lehrreiches Beispiel.[1])

Eine Verbindung der Steine kann auch durch entsprechende Formung der Stoßfugen herbeigeführt werden, wodurch ein künstliches Ineinandergreifen der zusammenstoßenden Steine erreicht wird. Wie dies geschehen kann, zeigen die Fig. 2 und 3, Taf. 10, und Fig. 1 und 4, Taf. 11, wobei darauf aufmerksam zu machen ist, daß keine zu spitzen Winkel vorkommen sollen, da solche beim Vermauern der Steine leicht beschädigt werden, und bei undichter Fügung die Verbindung mehr oder weniger wertlos wird. Diese Einschnitte, die dazu dienen, das Ineinandergreifen der Steine zu bewirken, sollen nie sehr tief gemacht werden; in den meisten Fällen wird die Tiefe von 3—6 cm ausreichend sein.

1) Rondelet, L'art de bâtir, Pl. XIV.

In allen Fällen, in denen es sich darum handelt, scharfe gleichmäßige Stoßfugen zu erhalten, ist diese Art der Steinverbindung nicht gut durchführbar, da das „Sägen", „Schneiden" der Fugen (mit Steinsäge, Sand und Wasser) nicht oder nur schwer möglich ist. Das schwalbenschwanzförmige Einsetzen der Steine ist dagegen vorteilhaft in allen Fällen, in denen es sich darum handelt, vor die Mauerfluchten vorspringende Architekturteile festzuhalten, Fig. 159.

Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.



Eine Verbindung der Steine kann auch durch Verschränkung der Stoßfugen erreicht werden, die darin besteht, daß man die Fugenflächen auf einen Teil ihrer Länge auskröpft und die geschaffenen Winkel in die Ecken anderer Steine eingreifen läßt,[1]) Fig. 160, die einen Teil der Umfassungsmauern des Zeustempels von Akragas darstellt. Derselbe Tempel zeigt in seiner Substruktion ein interessantes Beispiel für hakenartige Verklammerung in den Lagerflächen, Fig. 161.[2])

§ 24.

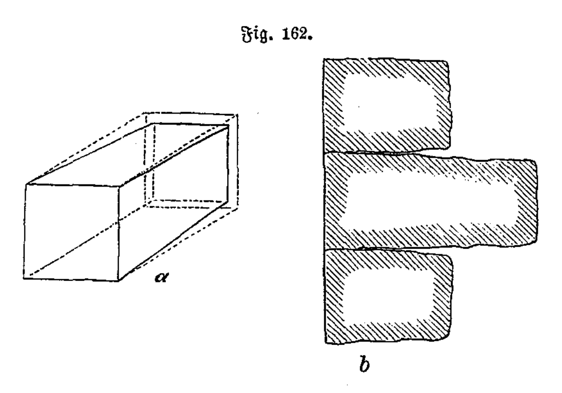
Unvorteilhafte Bearbeitung der Quader.

Sehr oft werden die Werkstücke auch dann, wenn sie der Natur der Sache nach von lauter Rechtecken begrenzt sein sollten, in Form einer abgestumpften Pyramide bearbeitet, deren Grundfläche das Haupt des Steines bildet,

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, I. Bd., S. 79.
2) Desgl. II. Teil, I. Bd., S. 51.

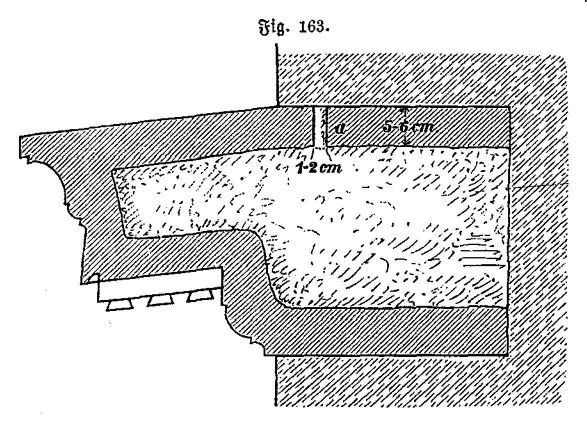
Fig. 162. Dies Verfahren sucht man damit zu rechtfertigen, daß auf diese Weise mehr Bindemittel (Mörtel) in die Fugen gebracht werden könne, ohne das Schließen der Fugen in dem Mauerhaupte zu gefährden, die Steine daher

Fig. 162.



ein sicheres Lager bekämen und dadurch der Gefahr des Zerdrücktwerdens leichter entgingen. Ein Blick auf die Fig. 162 wird indessen das Unstatthafte einer solchen Behandlungsweise zur Genüge darthun und zeigen, daß dabei die Steine nur mit ihren in dem Mauerhaupte ruhenden Kanten tragen, weil, wenn auch eine vollständige Füllung der Fugen mit Mörtel stattgefunden hat, dieser doch beim Erhärten schwinden, d. h. sein Volumen verringern wird, wodurch ein Hohlliegen der Steine hervorgebracht und der ganze Druck auf die Kanten übertragen werden muß. Es ist daher dieses Unterarbeiten der Lager- und Fugenflächen der Steine durchaus verwerflich, und ist darauf zu halten, daß diese Flächen als Ebenen bearbeitet werden, die auf der Richtung des auf die Steine wirkenden Druckes senkrecht stehen. Besonders nachteilig wird das Unterarbeiten (Unterspitzen) bei den Lagerflächen,

Fig. 163.



weniger bei den Fugenflächen, bei denen es den Vorteil hat, daß das Sägen oder Schneiden der Stoßfugen leichter und schneller möglich ist, und daß auch mehr Mörtel in diese Fugen gebracht werden kann. Besser läßt sich jedoch derselbe Vorteil dadurch erreichen, daß man die rechtwinklig zur Flucht liegende Stoßfugenfläche nur in einem ca. 4 bis 6 cm breiten Randschlag oder Saumstreifen sauber bearbeitet und den mittleren Teil durch Ausspitzen tiefer legt, Fig. 163; auf diese Weise wurde der prächtige Fugenschluß des Quadergemäuers der hellenischen Monumente hergestellt.[1])

§ 25.

Antikes Mauerwerk.[2])

Wir können die Steinverbände nicht verlassen, ohne die bei den alten Völkern, insbesondere bei den Griechen und Römern vorkommenden Steinkonstruktionen zu erwähnen. Wir hätten diesen geschichtlichen Rückblick eigentlich voranstellen müssen, allein zur Vermeidung von Wiederholungen und des besseren Verständnisses, sowie der richtigeren Beurteilung wegen schien uns der hier angewiesene Platz, welchem die Entwickelung der Prinzipien der Verbände vorangegangen ist, der geeignetste zu sein.

Fig. 164.

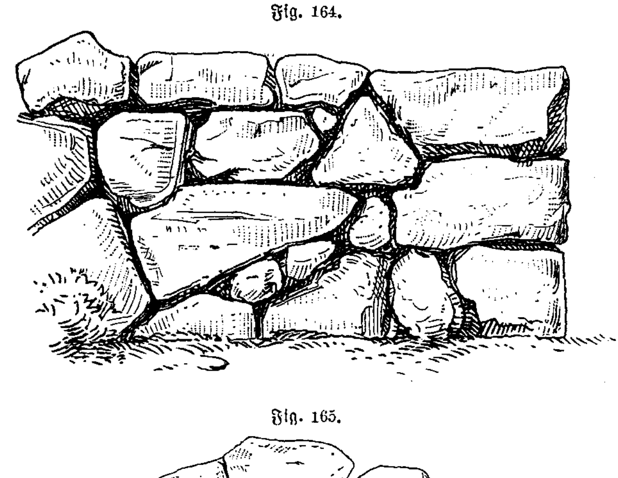
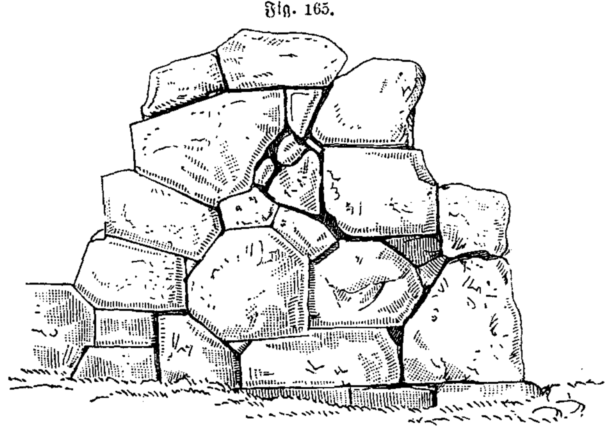


Fig. 165.



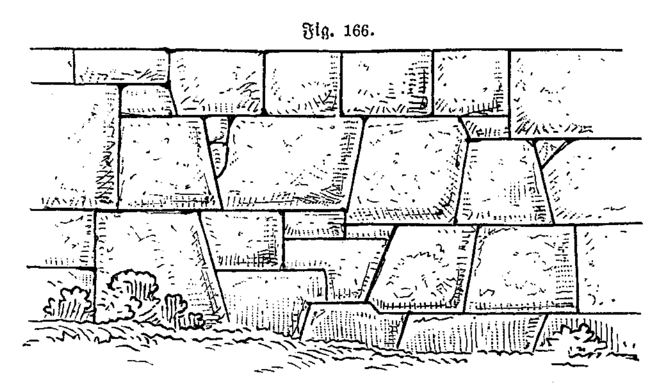
Eine ins graue Altertum reichende Steinkonstruktion bieten uns die kyklopischen (pelasgischen) Mauern, die sich

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, I. Bd., S. 53.

2) Ausführliches hierüber siehe in: „L'art de bâtir chez les Romains" von Auguste Choisy. Paris 1873. Rondelet, „L'art de bâtir". Handbuch der Architektur, II. Teil, I. und II. Bd. und Semper, Der Stil, II. Bd.

namentlich in Griechenland, Kleinasien und Italien teilweise in gewaltigen Überresten finden (Tiryuth, Mykenä, Argos). Diese Mauern bestehen aus großen unregelmäßigen, vielkantigen Felsblöcken, deren Zwischenräume durch kleinere Steinstücke ausgefüllt sind, oder aus sorgfältig zusammengearbeiteten Polygonstücken. Taf. 12, Fig. 1 und Fig. 164 und 165. Gleichzeitig findet sich Quadermauerwerk aus wagerechten Steinschichten, deren Stoß-

Fig. 166.



fugen nicht immer lotrecht stehen und deren Lagerfugen in andere Schichten übergreifen, Fig. 166. In allen diesen Mauern sind die Steine ohne Mörtel aufeinandergeschichtet.

Einen Quaderverband, welcher aus gleich hohen Schichten und Steinen von gleicher Größe bestand, die häufig durch die ganze Mauerstärke gingen, somit lauter Durchbinder waren, nannten die Griechen isodomos, die Römer opus isodomum. Taf. 12, Fig. 2 u. 4.

Dieser Verband findet sich vornehmlich an griechischen und römischen Tempelmauern.

Eine besondere Art, der sogenannte etruskische Verband, findet sich an verschiedenen Tuffmauern in Rom, Caere, Veji, bei dem die Steine in den Ansichtsflächen ein Verhältnis der Höhe zur Länge wie 1 : 1 und 1 : 2 zeigen, Fig. 167 u. 168.[1])

Erhalten die Steine in den Ansichtsflächen Verhältnisse der Höhe zur Länge wie 1 : 1, 1 : 2 und 1 : 3, so ergeben sich die Verbände je nach der Lage der Binder nach Fig. 169 u. 171. Die Regelmäßigkeit der Fugenteilung gestattet in diesem Fall die Anordnung falscher Stoßfugen, wie sich solche an alten Quaderwerken verschiedentlich finden, wie z. B. am Grabmal der Caecilia Metella in Rom. – Die Außenfläche der Quadermauer ahmt dabei durchweg quadratische Quader mit wechselnden oder durchgehenden Stoßfugen nach, während die Konstruktion regelmäßigen Wechsel von Bindern und Läufern in jeder Schicht zeigt; je nach der Schichtung sind in einen Läufer bald eine, bald zwei falsche Fugen eingehauen,[2]) Fig. 170 u. 172.

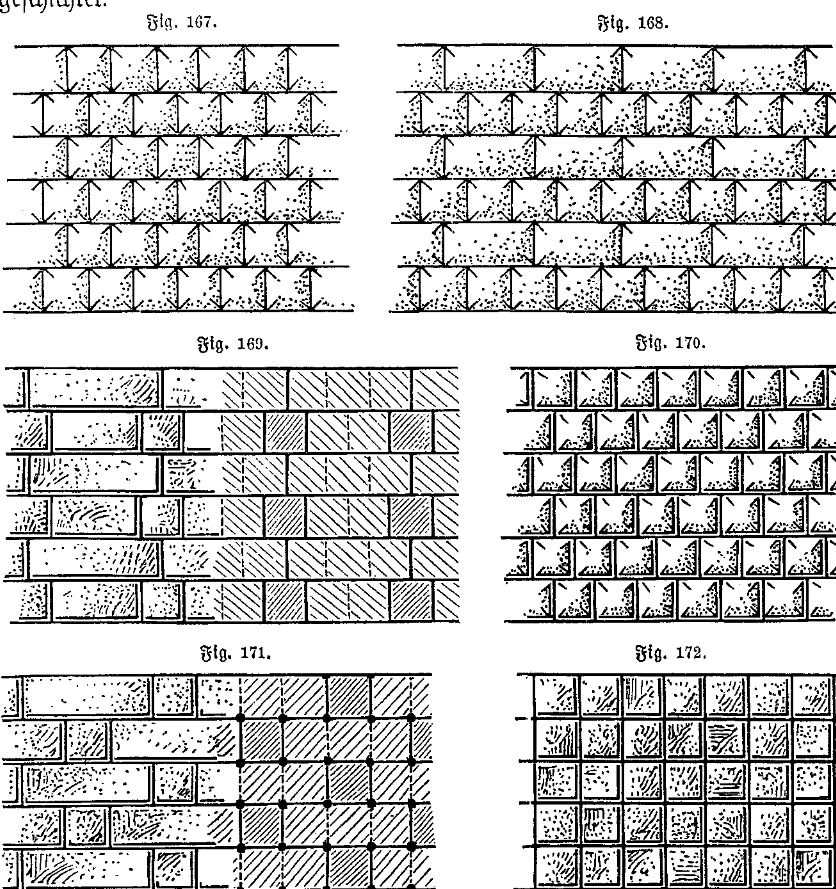


Fig. 167. Fig. 168. Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172.

Unter Opus pseudisodomum versteht man einen Quaderverband, der aus verschieden hohen Schichten besteht, oder bei dem hohe und niedere Schichten regelmäßig abwechseln. Dieser Verband läßt in Bezug auf die Größe der Steine und ihre Verhältnisse weit mehr Abwechslung zu als der vorhergehende, Fig. 3, Taf. 12.

Diese Mauern, die aus gleichartigem Material in gleichmäßiger Bearbeitung gebildet sind, sind die solidesten, deshalb auch die kostspieligsten; für die Hauptmasse der Mauern konnten diese Quaderverbände keine Anwendung finden und die meisten Mauern wurden aus gemischtem Material aufgeführt, Fig. 5–10, Taf. 12.

Es wurden nämlich die Häupter der Mauern aus Quadern, Backsteinen u. s. w. hergestellt, und diese stellenweise durch leichte Quermauern, „Zungen", oder auch nur

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd. S. 11 u. 12.

2) Desgl. II. Teil, II. Bd., S. 130 u. 12.

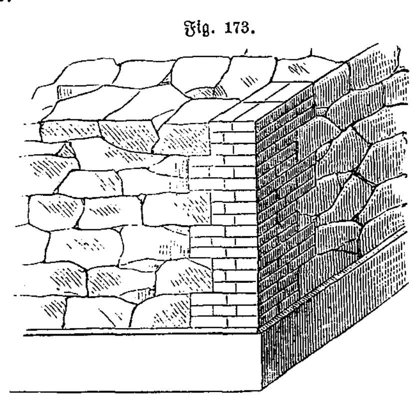
mittels durchgreifender Binder oder Binderschichten verbunden, wodurch fächer- oder zellenartige Zwischenräume entstanden, die mit Steinstücken und Mörtel — Beton — ausgefüllt wurden. Diese Konstruktionsweise war schon den Griechen bekannt, welche sie Emplecton nannten, und sie sollen nach den Angaben des Vitruv solche Mauern sorgfältiger aufgeführt haben als die Römer.

Das häufige Verbinden der Bekleidungsschichten einer solchen Mauer war, wenn man einigermaßen solid konstruieren wollte, wegen des verschiedenen Setzens derselben im Vergleich zum Füllwerk absolut nötig; bei Backsteinblendungen an den römischen Bauten erfolgte das stellenweise Verbinden und Abbinden namentlich durch große Platten von gebranntem Thon nicht allein an den Mauern, sondern auch an Bogen und Gewölben. Von wesentlichem Einfluß auf die Solidität dieser Konstruktionsweise ist der ausgezeichnete, rasch bindende Puzzolanmörtel, der zu diesen Bauten verwendet wurde.

Fig. 5 zeigt eine beiderseits mit Quadern bekleidete und mit Durchbindern — diatonoi — versehene Mauer mit Füllwerk, deren Festigkeit mit der Anzahl und dem häufigen Wechsel der Durchbinder zunehmen wird.

Bei Fig. 6 wechseln Schichten aus Quäderchen (Schichtsteinen) mit zwei Backsteinschichten ab, welche die Bekleidung bilden, während der Mauerkern aus Füllwerk besteht. Die Backsteine haben Dreiecksform, wie solche auch in Fig. 8 vorkommen, von ca. 21 cm Seite und 3,6—4,5 cm Dicke, und sind dieser Form gemäß recht geeignet, sich gut mit dem Füllwerk zu verbinden. Diese Steine bilden bei Fig. 8 die Läuferschichten, welche mit Füllwerk abgeglichen und mit Binderschichten abgedeckt werden. Dabei kommt das Füllwerk in bescheidenem Maße vor.

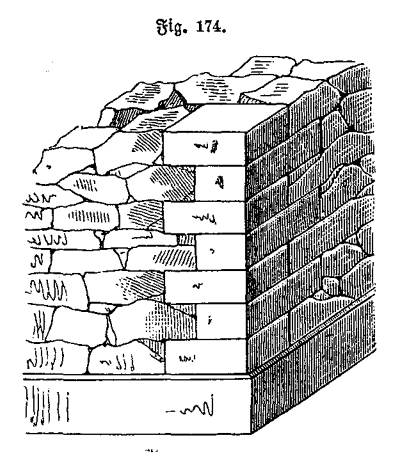
Fig. 173.



Den Gegensatz zum Mauerwerk mit regelmäßigen Schichten bildet das Bruchsteingemäuer — opus incertum — Fig. 7, wobei die Festigkeit der Mauer hauptsächlich von dem vorzüglichen Mörtel abhängig ist. Die Ecken suchte man durch eine Kette von Quadern oder Backsteinen, Fig. 173, oder auch nur mit großen zugerichteten Bruchsteinen, Fig. 174, zu verstärken.

Ein spezifisch römisches und insbesondere zur Kaiserzeit beliebtes Gemäuer ist das sogenannte Netzwerk — opus reticulatum — Fig. 9, wozu prismatische Tuffsteine von 7,5—9 cm Seite und 15—30 cm Länge mit $^1/_2$—$1^1/_2$ cm

Fig. 174.



starker Mörtelfuge und auf die Kante gesetzt zur Mauerbekleidung verwendet wurden. Die Steine sind von verschiedener Länge, damit sie sich besser mit dem Füllwerk verbinden.

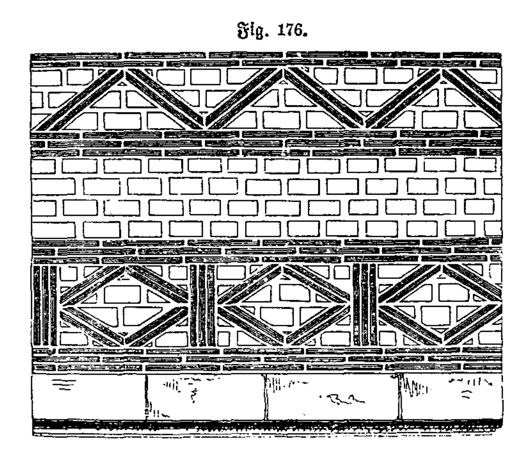
Da mit diesen Netzsteinen, die offenbar einen dekorativen Zweck haben, keine Kanten und Ecken hergestellt werden konnten, so treffen wir sie stets in Verbindung mit Schichtsteinen oder Backsteinen, die das Gemäuer in Abständen von 1—1,5 m Höhe in wagerechten Schichten durchziehen.

Fig. 175.

Die ährenförmige Gegeneinanderstellung der Backsteine, opus spicatum genannt, Fig. 10, womit man die mit Quadern oder Bruchsteinen umrahmten Felder einer Mauer verkleidete, hatte ähnlich dem opus reticulatum nur einen dekorativen Zweck; ebenso das Bilden verschiedener Figuren mit Backsteinschichten im Tuffsteingemäuer, Fig. 175 u. 176,

opus mixtum genannt. Endlich sei noch erwähnt, daß die Römer nicht allein Gußmauern mit gemauerter Bekleidung, sondern auch reine Gußmauern ausführten. Diese

Fig. 176.



bestehen aus Schichten von 20—30 cm Höhe, die zwischen Bretterwänden durch Stampfen der Stein- und Mörtelmasse hergestellt wurden.

§ 26.

Vom Mauern selbst oder von der Verbindung der Steine durch Bindemittel.

Außer dem Aneinanderreihen der Steine, dem Steinverbande, kommt für die Festigkeit und die Widerstandsfähigkeit der Mauern in erster Linie die Verbindung der Steine durch das Bindemittel in Betracht.

Durch das Bindemittel sollen alle nicht beabsichtigten Höhlungen in dem Mauerwerk gefüllt werden, damit das Ganze als eine kompakte und solide Masse erscheint. Hierdurch wird die Festigkeit der Mauer zum größten Teile bedingt, denn wenn zwischen den einzelnen Steinen keine hohlen Räume vorkommen, so ist auch die drehende Bewegung eines einzelnen Steines, unabhängig von den benachbarten, ausgeschlossen.[1]) Eine gleitende Bewegung wird durch eine Ausfüllung aller hohlen Zwischenräume aber sehr erschwert, weil eine weit größere Reibung überwunden werden muß, da diese mit der Größe der Berührungsflächen wächst. Hieraus folgt, daß nicht nur gewisse, sondern daß alle Fugen in einer Mauer mit Bindemittel gefüllt werden müssen, um einen möglichst festen Zusammenhang des Mauerkörpers zu erreichen.

Demnächst soll das Bindemittel den Druck, den zwei benachbarte Steine aufeinander ausüben, auf die ganzen Berührungsflächen gleichmäßig verteilen, weil sich die Steine bei der unvollkommenen Bearbeitung dieser Berührungsflächen ohne eine (wenigstens anfänglich) weiche Zwischenlage nur in einzelnen Punkten berühren würden, wodurch leicht ein Zertrümmern der Steine bei starkem Druck eintreten könnte. Das Tragvermögen einer Mauer oder der Widerstand gegen Pressung normal auf die Richtung der Lagerfugen wird daher durch eine sorgfältige Füllung dieser Fugen mit Bindemittel vergrößert.[1])

Dem bisher ausgesprochenen Zweck, Füllung der Fugen, genügt das Bindemittel unabhängig von seinen chemischen Eigenschaften, wenn nur seine Beschaffenheit eine solche ist, daß es sich leicht in die Fugen bringen läßt und, einmal bis auf einen gewissen Grad zusammengepreßt, einem großen Druck widersteht, ohne sein Volumen zu ändern. Diese Eigenschaften haben Moos, gewisse Erdarten, Blei u. s. w., und man wendet diese Materialien auch in den Fällen an, wo man nur die eben besprochenen Leistungen von ihnen verlangt. Auf diese Weise ausgeführte Mauern heißen trockene, auch wohl Feldmauern.

Außer der Füllung der Fugen und der Verteilung des Druckes auf die sich berührenden Steinflächen bezweckt man aber durch das Bindemittel auch noch ein Zusammenkitten der einzelnen Steine einer Mauer zu einer festen Masse und ein Verschließen der im Mauerhaupte sichtbaren Fugen gegen das Eindringen der Nässe.

Hier sind es die chemischen Eigenschaften, die in Betracht kommen und für die Auswahl des Bindemittels maßgebend sind.

Unter den chemischen Eigenschaften verstehen wir das Vermögen der Bindemittel, aus einem anfänglich weichen bildsamen Zustande in einen sehr harten, festen überzugehen und dabei fest an den Steinen zu haften; die Verbindung zwischen dem Bindemittel und den Steinen ist aber immer nur eine mechanische, die oft so fest wird, daß sie selbst einer gewaltsamen Trennung widersteht. Diese mit Mörtel, Mauerspeise, hergestellten Mauern nennt man gemörtelte oder gespeiste.

Als Mörtel werden folgende Sorten verwendet:

1. Luftmörtel, Weißkalkmörtel. Der zum Bauen brauchbare Kalk wird aus kohlensaurem Kalk gewonnen, der durch Glühen bis über Rotglühhitze die Kohlensäure verliert. (Die Hitze darf jedoch nicht soweit getrieben werden, daß sich die Beimengungen von Kieselerde und Thonerde mit dem Kalk verbinden oder schmelzen, wodurch der Kalk totgebrannt und zur Mörtelbereitung unbrauchbar wird.) Der gebrannte Kalk — Ätzkalk, Calciumoxyd — wird

1) Diese Behauptung ist nur für den Fall unhaltbar, wenn die Steine als Umdrehungskörper gestaltet sind, wo dann allerdings eine Drehung um die Achse möglich bleibt; daß dieser Fall aber nie eintritt, bedarf keines Beweises.

1) Siehe hierüber auch § 1.

gelöscht, d. h. mit Wasser übergossen, mit dem er unter starker Wärmeentwickelung eine chemische Verbindung eingeht und sich milchartig auflöst. Diese Kalkmilch läßt man in Gruben laufen und mehrere Tage stehen; dabei verdunstet ein Teil des Wassers und es bildet sich ein steifer Kalkteig, den wir fett nennen bei geringen, und mager bei größeren Beimengungen von Kieselsäure und Thonerde.

Dieser Kalkteig wird mit Sandzusatz zu Mörtel verarbeitet; je fetter der Kalk ist, um so mehr Sand kann zugesetzt werden, und man rechnet auf 100 Liter Kalkteig 150—300 Liter Sand (durchschnittlich einen Volumenteil Kalk und zwei Volumenteile Sand); je schärfer der Sand, je besser der Mörtel. An der Luft zieht der im Mörtel enthaltene Kalk wieder Kohlensäure an, wird zu kohlensaurem Kalk und wandelt sich zu einem festen, der Verwitterung widerstehenden Körper um. Die Erhärtung dauert Jahre und geht so lange vor sich, als Kalkhydrat und ein gewisser Feuchtigkeitsgrad vorhanden ist.

Da der Kalkmörtel, wenn er der freien Luft ausgesetzt ist, alsbald Kohlensäure aus der Luft anzieht, anfängt „abzubinden", so muß man suchen, nur frisch bereiteten Mörtel zu verarbeiten und sich daher so einrichten, daß am Abend bei Einstellung der Arbeit alles Material verwendet ist; der übrig bleibende Mörtel sollte nicht mehr vermauert werden; dies ist um so wichtiger, je magerer der Mörtel ist, da das Abbinden um so schneller erfolgt, je größer die Beimengungen von Kieselsäure und Thonerde sind.

Zu Mauern, die fortwährender Feuchtigkeit ausgesetzt sind, wie Fundamentmauern u. dergl., eignet sich der Weißkalkmörtel nur wenig; wenn auch zu seiner Erhärtung ein gewisser geringer Feuchtigkeitsgrad erforderlich ist, so ist doch die in die Fundamentmauern fortdauernd eindringende Feuchtigkeit in den meisten Fällen so groß, daß die Erhärtung des Luftmörtels wesentlich beeinträchtigt oder unter Umständen unmöglich wird, und es sollte deshalb nur hydraulischer Mörtel zu solchen Bauteilen verwendet werden.

Über die Materialmengen giebt nachstehende Tabelle Aufschluß.

Zu 100 Liter Mörtel sind erforderlich:

Mischungsverhältnis	Kalk[1]) gebrannt	Kalk[1]) gelöscht	Sand Liter	Wasser Liter
1 Teil Kalk + 2 Teile Sand	30	50	100	3,2
1 „ „ + 3 „ „	19,2	32	96	8,6
1 „ „ + 4 „ „	14,4	24	96	13,4
1 „ „ + 5 „ „	11,6	19,4	97	17,2

1) 100 Liter gebrannter Kalk geben ca. 170 Liter gelöschten Kalk.

In der Regel werden verwendet die Mischungsverhältnisse 1 Teil Kalk und 2 bis 3 Teile Sand.

2. Wassermörtel, hydraulischer Kalkmörtel. Besitzt der Kalk über 10 Proz. Kieselsäure und Thonerde (Thonerdesilikat, Thon), so erhält er die Eigenschaft, auch im Wasser ohne Zutritt der atmosphärischen Luft zu erhärten; diese Erhärtung findet wahrscheinlich in der Weise statt, daß unter Vermittlung des Wassers ein Teil des Ätzkalkes mit der Kieselsäure und mit der Thonerde Verbindungen eingeht, die eine steinartige Festigkeit annehmen, und daß sich der andere Teil des Ätzkalkes zu kohlensaurem Kalk umwandelt. Die Verfestigung findet um so schneller statt, je größer der Gehalt an Thonerdesilikaten ist, der jedoch 30 Proz. nicht überschreiten darf, da sonst die Verwendbarkeit zu Mörtel ausgeschlossen ist. Die hydraulischen Mörtel eignen sich aber auch vorzüglich zur Verwendung an der Luft und geben ausgezeichnete Luftmörtel, die in wenigen Wochen eine Härte und Festigkeit erreichen, zu der Weißkalkmörtel Monate und länger gebrauchen.

Das Ablöschen des hydraulischen Kalkes, der frisch gebrannt sein muß und der Witterung nicht ausgesetzt werden darf, erfolgt derart, daß der Kalk in Körbe gefüllt wird und diese kurz in Wasser eingetaucht werden, worauf der Kalk zu feinem Pulver zerfällt und mit 2—4 Teilen Sand und Wasser zu Mörtel verarbeitet wird.

Bei allen Konstruktionen, bei denen eine raschere Erhärtung des Bindemittels erwünscht ist, wie bei stark belasteten Pfeilern, Bogen, Gewölben, Hintermauerungen u. dergl. m., sollte man deshalb statt des langsam bindenden Weißkalkmörtels nur guten hydraulischen Kalkmörtel verwenden.

Über die Materialmengen giebt folgende Tabelle Aufschluß.

Zu 100 Liter Mörtel sind erforderlich:

Mischungsverhältnis	Abgelöschter Kalk Liter	Sand Liter	Wasser Liter
1 Teil Kalk + 2 Teile Sand	51,3	102,6	34,2
1 „ „ + 3 „ „	36	108	29,6
1 „ „ + 4 „ „	29,4	117,6	29,4
1 „ „ + 5 „ „	24	120	24

In der Regel werden verwendet die Mischungsverhältnisse 1 Teil Kalk und 3—4 Teile Sand.

3. Cementmörtel. Kalke, die bis 30 Proz. Thonerdesilikate enthalten, so daß die vollständige Erhärtung ohne Sandzusatz eintritt, also der Kalkgehalt zur gesättigten Thon-Kiesel-Kalkverbindung aufgebraucht

wird, heißen Cemente. Wir unterscheiden natürliche Cemente (Romancement) und künstliche Cemente (Portlandcement).

Insbesondere ist es der Portlandcement, der wegen seiner raschen und großen Erhärtungsfähigkeit eine bedeutende Rolle bei den modernen Baukonstruktionen spielt und eine immer größere Anwendung findet.

Die deutschen Portlandcemente haben folgende Zusammensetzung:[1])

Kalk	57,22—65,59	Proz.
Kieselsäure	19,80—26,45	„
Thonerde	4,16— 9,45	„
Eisenoxyd	2,19— 4,47	„
Magnesia	— 2,89	„
Alkalien	0,19— 2,83	„
Schwefelsäure	0,19— 2,19	„
Glühverlust	0,26— 2,67	„
Rückstand	0,12— 1,38	„

Wird der Portlandcement mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt und auf einer Glasplatte ausgegossen, so erstarrt er nach kurzer Zeit. Ist die Erhärtung soweit vorgeschritten, daß der Cement einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, so nennen wir den Cement „abgebunden". Cemente, die in weniger als 2 Stunden abbinden, bezeichnen wir als rasch bindende, solche, die 2 Stunden und mehr brauchen, als langsam bindende Cemente.

Die Temperatur der Luft, des Wassers und des Sandes wirken wesentlich auf das Abbinden ein. Bei warmer, trockener Witterung bindet derselbe Cement rascher ab als bei kalter, feuchter Witterung; deshalb kann man langsam bindenden Cement durch Anmachen mit warmem Wasser rascher abbindend machen; auch die verwendete Wassermenge ist von wesentlichem Einfluß, insofern steif angemachter, „erdfeuchter" Cement rascher abbindet, als der mit viel Wasser zu einem dünnen Brei verarbeitete Cement.

Durch längeres Lagern wird Portlandcement langsamer bindend und gewinnt an Bindekraft, so daß beim Ablagern eine Qualitätserhöhung stattfindet. Dies gilt jedoch nur bei trockener, zugfreier Aufbewahrung; in feuchter Luft dagegen bindet der Cement teilweise ab und wird zuletzt unbrauchbar.

Im allgemeinen ist langsam bindender Cement vorzuziehen wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung, und weil er in kürzerer Zeit einen höheren Grad der Härte erlangt. Denn von dem Abbinden ist wohl zu unterscheiden das eigentliche Erhärten des Cements, das nach dem Abbinden beginnt; bei dem langsam bindenden Cement haben die Cementteilchen mehr Zeit, sich unter Verdrängung des Wassers dichter aneinander und an den Sand anzulagern, wodurch eine höhere Festigkeit in kürzerer Zeit erreicht wird.

Die Ursachen des Erhärtungsvorganges sind noch nicht genügend aufgeklärt; jedenfalls wird aber beim Erhärten Wasser in chemischer Verbindung aufgenommen und es bilden sich außer kohlensaurem Kalk Thon-Kiesel-Kalkverbindungen, wodurch die Versteinerung des Portlandcements zu stande kommt.

Wie bei allen Mörteln ist ganz besonders zur Erhärtung des Portlandcements Ruhe während des Abbindens erforderlich; er erhärtet daher nicht oder nur mangelhaft, wenn man ihn z. B. in bewegtes Wasser bringt, während er in ruhig stehendem Wasser in kurzer Zeit Steinhärte erreicht. Auch ist er vor raschem Austrocknen zu schützen, da er ohne das zur Erhärtung erforderliche Wasser nie seine volle Härte erlangt.

Die Zunahme der Festigkeit ist in der ersten Zeit der Erhärtung am raschesten, sie schreitet dann langsamer voran und findet gewöhnlich erst nach Jahren ihren Abschluß. Die Festigkeitsproben werden nach den „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement" nach 28 Tagen vorgenommen, und man kann nach den Erfahrungen annehmen, daß die Festigkeit nach einem Jahre etwa das $1\frac{1}{2}$fache der Festigkeit nach 28 Tagen beträgt.

Der Cement erhärtet im Wasser wie an der Luft. In der Luft wird die Festigkeit sogar höher, wenn der Cement in den ersten Tagen genügend feucht gehalten wird. Unter dieser Voraussetzung sind auch hohe Wärmegrade wenig nachteilig. Gewölbe aus Cementbeton, die zur Aufnahme von Feuergasen dienen, und Fabrikschornsteine, die ganz in Cementbeton ausgeführt worden sind, beweisen, daß der Mörtel aus Portlandcement ziemlich hohe Temperaturen verträgt, ohne Not zu leiden.

Gegen Frost ist Portlandcement von allen hydraulischen Mörteln am wenigsten empfindlich; hat er einmal abgebunden, ist der Frost ohne Nachteil. Tritt der Frost dagegen während des Abbindens ein, so ist er besonders schädlich, wenn der Mörtel viel Wasser eingeschlossen hält. Bei sparsamem Wasserzusatze, insbesondere bei Verwendung von warmem Wasser, sind Mauerwerkskörper auch bei ziemlicher Kälte mit gutem Erfolge ausgeführt worden; die Erhärtung tritt aber unter dem Einfluß des

1) Siehe „Der Portlandcement und seine Anwendung im Bauwesen". Berlin 1899. Verlag von E. Toeche, dem wir im wesentlichen gefolgt sind.

Frostwetters langsamer ein, später wird jedoch die normale Festigkeit erreicht.

Guter Portlandcement ist bei allmählicher, gleichmäßiger Austrocknung volumenbeständig; ist aber ein Teil der Witterung ausgesetzt, so tritt unter dem Einfluß von Wind und Sonnenschein, vornehmlich nach vorhergehendem Regen, ein Schwinden ein, und es entstehen Risse, da die Oberfläche rascher schwindet als der Kern. Erst durch Zusatz von Sand erzielen wir die Wetterbeständigkeit des Portlandcement-Mörtels, dann aber auch vollkommen, weil durch Sandzusatz die Schwindung gleichmäßiger und auf ein geringeres Maß zurückgeführt wird. Schon 1 Teil Sand auf 1 Teil Portlandcement genügt, um volle Wetterbeständigkeit zu erreichen.

Wie bei allen Mörteln, ist ganz besonders beim Cementmörtel die gute Beschaffenheit des Sandes von der größten Wichtigkeit. Der Sand muß scharfkörnig und frei von lehmigen und thonigen Beimengungen sein, da diese die Verbindung zwischen Cement und Sandkorn hindern. Solche Sandsorten müssen deshalb gewaschen werden, um sie von diesen Beimengungen zu befreien.

Als Anhalt für die Mischungsverhältnisse dienen folgende Angaben:

1—2 Teile Sand auf 1 Teil Cement werden angewendet, wo es auf hohe Festigkeit, auf große Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung oder auf vollkommene Wasserdichtigkeit ankommt.

3—4 Teile Sand auf 1 Teil Cement nimmt man für Mauerwerk, Betonierungen und ähnliche Arbeiten.

Wenn ein größerer Sandzusatz zulässig ist, verwendet man besser Cement-Kalkmörtel. (Siehe ad 4.)

Schließlich sei noch gewarnt vor Verwendung von Cementen mit hohem Magnesiagehalt, da diese höchst gefährliche treibende Eigenschaften besitzen, die sich oft erst nach Jahren äußern; nach den bisher vorliegenden Erfahrungen soll der Magnesiagehalt höchstens 3 Prozent betragen. Cemente mit mehr Magnesia sind unbedingt von der Verwendung auszuschließen.

Über die Materialmengen giebt folgende Tabelle Aufschluß.

Zu 100 Liter Cementmörtel sind erforderlich:

Mischungsverhältnis	Cement[1]) Liter	Cement[1]) Kilogr.	Sand Liter	Wasser Liter
1 Teil Cement + 1 Teil Sand	67	94	67	35
1 „ „ + 2 „ „	45	63	90	33
1 „ „ + 3 „ „	34	47	102	32
1 „ „ + 4 „ „	26	37	104	32

1) 1 Liter wiegt 1,40 Kilogramm.

4. Cement-Kalkmörtel (verlängerte Mörtel). In vielen Fällen ist eine rasche Erhärtung des Mörtels erwünscht, ohne daß die Festigkeit der ad 3 besprochenen Cementmörtel erforderlich wäre, abgesehen davon, daß diese wegen ihres hohen Preises bei vielen Konstruktionen ausgeschlossen sind. Wenn nun auch die Cementmörtel bei immer noch genügender Festigkeit durch 5 oder mehr Teile Sand auf 1 Teil Cement billiger werden, so empfiehlt sich dieses Mischungsverhältnis nicht, weil der Mörtel zu mager wird, zu wenig an den Steinen haftet und keine sichere Verarbeitung gestattet. In allen diesen Fällen giebt ein Zusatz von Fettkalk oder besser hydraulischem Kalk ein Mittel, um diese Mängel zu beseitigen und billige geeignete Mörtel herzustellen. Es werden nämlich die mageren Cementmörtel, bei geringen Kalkzusätzen anfangend, hinsichtlich ihrer Festigkeit, Adhäsion u. s. w. immer mehr verbessert bis zu einer gewissen Höhe des Kalkzusatzes, die mit der größten Dichte des Mörtels zusammenfällt; bei mehr Kalkzusatz nimmt die Festigkeit wieder ab.

Als zweckmäßige Mischungen haben sich erfahrungsgemäß die folgenden bewährt:

1 Tl. Cement, 5 Tle. Sand, $1/2$ Tl. Kalkteig oder hydraul. Kalk,
1 „ „ 6—7 „ „ 1 „ „ „ „ „
1 „ „ 8 „ „ $1 1/2$ „ „ „ „ „
1 „ „ 10 „ „ 2 „ „ „ „ „

Diese Cement-Kalkmörtel erhärten wie die reinen Cementmörtel schon in wenigen Tagen und erreichen eine Festigkeit, zu denen andere Bindemittel Wochen oder Monate bedürfen, und nehmen verhältnismäßig stark und dauernd an Festigkeit zu; sie haben starke hydraulische Eigenschaften, sind vorzügliche Luftmörtel, volumbeständig und wetterbeständig, und gestatten, Arbeiten auch dann noch auszuführen, wenn Frost zu befürchten ist.

Über die Materialmengen giebt nachstehende Tabelle Aufschluß.

Zu 100 Liter verlängertem Cementmörtel sind erforderlich:

Mischungsverhältnis	Cement Liter	Cement Kilogr.	Kalk gebr. Liter	Kalk gel. Liter	Sand Liter	Wasser Liter
1 Tl. Cement + $1/2$ Tl. Kalk + 5 Tl. Sand	20	28	6	10	102	26
1 „ „ + 1 „ „ + 6 „ „	17	24	10,2	17	100	23
1 „ „ + 1 „ „ + 7 „ „	15	21	9	15	103	22
1 „ „ + $1 1/2$ „ „ + 8 „ „	14	20	12,6	21	104	20
1 „ „ + 2 „ „ + 10 „ „	10,5	15	12,6	21	105	18

Die Fugenstärken, die schon bei Besprechung der Verbände eingehend behandelt wurden, sind vom Material und von den an die Güte und Schönheit des Mauerwerks zu stellenden Anforderungen abhängig; sie betragen durchschnittlich: bei gewöhnlichem Backsteinmauerwerk 10 bis 12 mm, bei Backsteinblendungen 5—8 mm, bei Quadermauerwerk 2—6 mm, bei Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen 12—15 mm.

Bei den Findlingen (unregelmäßigen Geschieben) hat man die Bestimmung über die Stärke der Fugen weniger in seiner Gewalt, und man wird bald engere, bald weitere Fugen machen müssen, je nach der Gestalt der Steine, oder je nachdem man mehr Zeit und Mühe auf die Auswahl der Steine verwenden kann; es wird hier um so nötiger sein, den Zweck, den man durch die Anwendung des Mörtels zu erreichen strebt, stets vor Augen zu haben, um immer scharf zu mauern, d. h. es soll nicht mehr Mörtel verwendet werden, als zur Füllung der Fugen und zur Verkittung der Steine erforderlich ist.

Außer der gehörigen Menge des Mörtels, die man in eine Mauer bringt, kommt es auch darauf an, den Mörtel so zu behandeln, daß er seine Eigenschaft, nach dem Vermauern in möglichst kurzer Zeit zu erhärten und fest an den Steinen zu haften, nicht verliert.

Die Mörtel bedürfen zu ihrer Erhärtung eines gewissen Anteils Wasser, und man muß Sorge tragen, daß ihnen dieser Wassergehalt nicht entzogen wird. Es ist daher nötig, die Steine, ehe sie mit dem Mörtel in Berührung kommen, von allem Schmutz und Staub zu reinigen und, wenn sie das Wasser gierig einsaugen, gehörig zu nässen. Letzteres wird besonders bei thonhaltigen Steinen nötig, und ist bei allen Backsteinen unerläßlich. Am vollständigsten erreicht man das Nässen der Backsteine, wenn man sie kurz vor dem Gebrauch in einem Gefäße eine Zeit lang, ganz von Wasser bedeckt, stehen läßt, oder sie tüchtig mit Wasser übergießt; das vielfach angewendete Nässen der Steine durch Überstreichen mit großen nassen Pinseln ist unzureichend.

Bei natürlichen Steinen ist das Nässen gewöhnlich nicht notwendig, außer wenn sie lange gelagert und ausgetrocknet sind. Bei frisch gebrochenen Bruchsteinen, die noch die volle Bruchfeuchtigkeit haben, ist das Nässen sogar schädlich, da der Mörtel wegen der großen Feuchtigkeit nicht haftet, die Steine keine feste Lage in der Mauer annehmen, und, wie man sagt, „in der Mauer schwimmen."

Die Hausteine dagegen, welche beim Versetzen gewöhnlich schon ausgetrocknet sind, sollen vor dem Aufziehen des Feinmörtels tüchtig angefeuchtet werden, andernfalls der Stein sehr rasch der nur wenige Millimeter dicken Mörtelschicht alle Feuchtigkeit entzieht.

Dieser zum Abbinden nötige Wassergehalt des Mörtels ist die Ursache, daß hohe und zu niedere Lufttemperaturen von ungünstigem Einfluß auf die Abbindungs- und Erhärtungsfähigkeit der Mörtel sind. Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, das in heißer Witterung hergestellt ist, oder Gemäuer, das schnell künstlich getrocknet wird, erhält nur geringe Festigkeit, da die Feuchtigkeit dem Mörtel zu schnell entzogen wird, und unter dem Einfluß des Frostes, bei dem das Wasser des Mörtels gefriert, wird der Erhärtungsprozeß vollständig gestört und der gewöhnliche Kalkmörtel gewinnt keine Bindefähigkeit.

Soll Mauerwerk bei Frostwetter ausgeführt werden, so sind entweder schnell abbindende Cementmörtel oder Cement-Kalkmörtel zu verwenden, oder man muß dem Mörtel ungelöschten Kalk zusetzen, der in kleinen Mengen unmittelbar vor der Verwendung zubereitet und in dem Maße dem Mörtel beigegeben wird, wie das Thermometer unter Null fällt; oder es wird der zum Mörtel zu verwendende Kalk überhaupt frisch verbraucht, d. h. gelöscht, und warm mit dem Sande vermischt. Der warme Mörtel ist so schnell als möglich zu verarbeiten, damit er nicht vor der Verbindung mit den Ziegelsteinen erkaltet. Es dürfen nur vollkommen trockene und frostfreie Steine verwendet werden, und es ist deshalb erforderlich, diese sorgfältig vor Nässe zu bewahren. Das Wasser ist ängstlich von dem fertigen Mauerwerk fernzuhalten, da es beim Gefrieren zerstörend wirkt. Das Mauerwerk muß deshalb bei zu erwartenden Niederschlägen und bei längerer Unterbrechung der Arbeiten abgedeckt werden; bei klaren Nächten kann es unbedeckt bleiben.

Von manchen Seiten wird empfohlen, Soda- oder auch Salzlösung dem Mörtel beizumischen, um den Gefrierpunkt herabzusetzen. Es scheint jedoch, daß solches Mauerwerk nie oder nur sehr schwer austrocknet; genügende Erfahrungen liegen noch nicht vor.[1])

Trotz den guten Ergebnissen, die an vielen Orten (in Norwegen, in Baden-Baden u. s. w.) mit dem Zusatze von ungelöschtem Kalk gemacht wurden, ist dennoch größte Vorsicht und Aufmerksamkeit anzuraten; wenn nicht durchaus erforderlich, sollte das Mauern bei Frostwetter überhaupt unterbleiben.

In Bezug auf die Bindefähigkeit des Mörtels ist es ferner von Wichtigkeit, den Stein, wenn er einmal mit dem Mörtel in Berührung gekommen und in demselben fest eingedrückt ist, unverrückt in seiner Lage zu lassen, weil der Mörtel nur einmal abbindet, was in der dünnen Mörtelschicht ziemlich rasch vor sich geht; ein zweites

1) Deutsche Bauzeitung 1886, S. 501, 520, 536, 559; 1887, S. 148; 1888, S. 112, 184, 203, 562; 1892, S. 34 (105); 1893, S. 108, 152.

Mal gehen die meisten Mörtel mit dem Steine keine Verbindung mehr ein. Liegt daher ein Stein, nachdem er in sein Mörtelbett eingedrückt ist, nicht richtig, so daß er bedeutend verrückt werden muß, so muß auch das Mörtelbett entfernt und von neuem gebildet werden. Es ist daher die an manchen Orten übliche Methode, jede Schicht eines Gemäuers aus Sandsteinen, nachdem solche geschlossen und gehörig gemörtelt ist, noch mit der Zweispitze zu bearbeiten, um ihr ein wagerechtes und ebenes oberes Lager zu geben, durchaus zu verwerfen, wenn man von dem Mörtel mehr als ein bloßes Ausfüllen der Fugen und der Zwischenräume verlangt.

Hat man dagegen Mörtel zu verarbeiten, der über Feuer geschmolzen und in diesem Zustande verwendet wird (wie z. B. Mastixcement, Asphalt u. s. w.), so dürfen natürlich die Steine nicht nur nicht angefeuchtet werden, sondern man hat im Gegenteil alle Sorgfalt darauf zu verwenden, die vorhandene Feuchtigkeit möglichst zu entfernen; deshalb wird es oft nötig, die Fugen und Lagerflächen der Steine durch Kohlenfeuer zu erwärmen, ehe man sie mit dem Mörtel in Berührung bringt.

Wendet man ein Bindemittel an, von dem man ein Aneinanderkitten der Steine nicht erwarten darf, das aber doch in einem weichen breiartigen Zustande verwendet werden muß, wie es z. B. bei Lehm der Fall ist, so muß es in so dickflüssigem Zustande als möglich verarbeitet werden, d. h. man muß bei der Bereitung dieser Mörtel so wenig Wasser zusetzen, daß die Masse nur noch eben mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden kann. Die Steine werden nicht genäßt, weil hier ein Entziehen des im Bindemittel enthaltenen Wassers keinen Nachteil herbeiführen kann, denn das Erhärten des Mörtels ist in diesem Fall nur ein Austrocknen, nicht aber, wie bei den Kalkmörteln, ein chemischer Prozeß. Je mehr Wasser daher zu einer solchen Mauer gebraucht wurde, desto mehr muß beim Austrocknen verdunsten, und desto stärker wird sich die Mauer setzen. Hieraus folgt, daß die Fugen in diesen Fällen so dünn als möglich zu halten sind, damit nur ebensoviel Mörtel in die Mauer kommt, als zur Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Steinen und der Unebenheiten auf den Lagerflächen notwendig ist.

Was die sogenannten trockenen oder Feldmauern betrifft, so kommt es bei deren Verbindung einzig darauf an, die Hohlräume auszufüllen und den Steinen ein sattes festes Auflager zu verschaffen. Das Material wird daher in trockenem Zustande verwendet, damit später kein Setzen und Schwinden eintreten kann, doch ist hier selbstverständlich keine staubartige Beschaffenheit der Erde u. s. w. gemeint, sondern ein solcher Zustand derselben, daß sie sich noch gut zusammenpressen läßt, wozu ein gewisser geringer Feuchtigkeitsgrad notwendig ist. Das Zusammendrücken erfolgt durch Stampfen und Klopfen mit dem Mauerhammer und seinem Stiele. Die Geschicklichkeit des Feldmaurers besteht hauptsächlich in der Fertigkeit, alle leeren Zwischenräume in der Mauer zu füllen, und zum Ausfüllen ein Material in einem Zustande zu wählen, das die Zusammenpressung leicht und möglichst vollkommen gestattet.

§ 27.
Über die Lage der Steinschichten und deren Behandlung am Mauerhaupt.

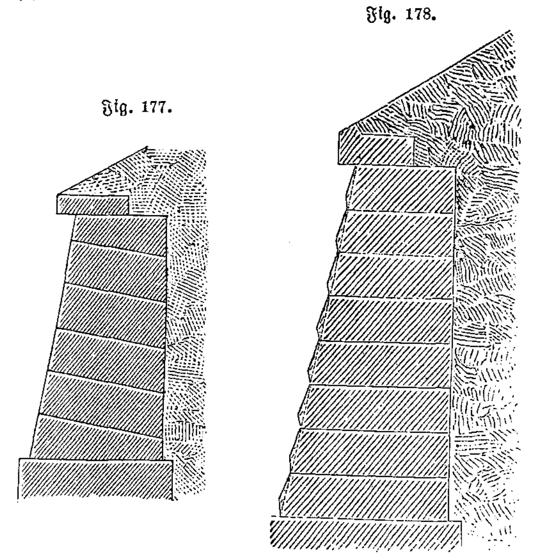
Außer diesen Regeln in Bezug auf die Bindemittel hat man noch auf mehrere Umstände sein Augenmerk zu richten, wenn man ein möglichst festes Mauerwerk erhalten will.

Hierher gehört besonders die wagerechte Lage der einzelnen Steinschichten bei regelmäßigen Steinen. In einzelnen Fällen kann zwar eine nicht wagerechte Lage der Schicht, nach der Stärke der Mauer, vorteilhaft werden; immer soll aber jeder Schnitt, den eine lotrechte mit der Länge der Mauer parallele Ebene mit der Ebene der Lagerfuge macht, eine wagerechte Linie geben.

Die Durchführung der wagerechten Lage der Lagerfugen verursacht besonders bei langen Mauern aus regelmäßigen Steinen, bei denen eine Abweichung sehr unangenehm ins Auge fällt, oft große Mühe; am leichtesten kommt man zum Ziele, wenn man die Ecksteine jeder Schicht mit ihrem oberen Lager genau in eine wagerechte Ebene legt und dann durch das Ausspannen einer Schnur, die man, je nach ihrer Länge, noch in einem oder mehreren Punkten unterstützt, die oberen Lager der übrigen Steine in derselben Schicht bestimmt. Zu diesem Zweck teilt man auf einem Paar Latten, von der Höhe der Mauer, sämtliche Schichten ein, und stellt diese Latten dann an den Ecken auf zwei, mit der Bleiwage oder mit Hilfe eines anderen Nivellierinstrumentes, genau in eine Horizontalebene gebrachte feste Punkte — etwa den Sockelvorsprung — lotrecht auf. Nach den Teilpunkten der Latten werden dann die Ecksteine jeder Schicht versetzt.

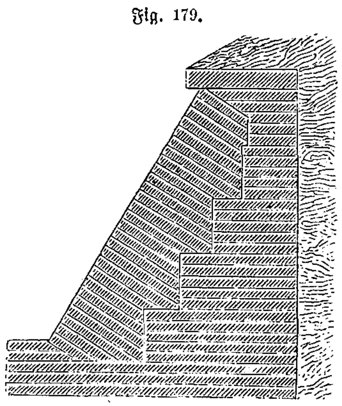
Der Fall, wo es nicht durchaus nötig ist, daß die Ebene der Lagerfugen durch die ganze Mauerstärke wagerecht liegt, findet bei geböschten Mauern statt. Sehr oft legt man bei diesen Mauern, besonders wenn sie einhäuptige (Futtermauern) u. s. w. sind, die Steine so, daß die Lagerfuge in ihrer ganzen Ausdehnung normal auf der Mauerstirn steht, Fig. 177. Diese Lage hat aber den Nachteil, daß das an der Stirn der Mauer herablaufende Regenwasser leicht in die Fugen dringt, und wenn es hier gefriert, das Verderben der Mauer einleitet. Man hat daher in diesem Fall für einen sorgfältigen Schluß der Fugen durch guten Mörtel ganz besonders zu sorgen.

Kommt es nicht darauf an, daß die Stirn der Mauer eine Ebene bildet, was häufig der Fall sein kann, so kann man die mit der geneigten Richtung der Lagerfugen verbundenen Übelstände und auch die scharfen Kanten an den Steinen vermeiden, wenn man nach Fig. 178 die Lagerfugen wagerecht anordnet und die vordere scharfe Kante der Steine durch eine 6–9 cm breite lotrechte Fläche abstumpft.


Fig. 177. Fig. 178.

Sollen solche Mauern mit Backsteinen aufgeführt werden, so ist man genötigt, die Lagerfugen normal auf die Böschung zu richten, wenn deren Neigung bedeutend ist; denn bei wagerechter Lage der Fugen müßte man die Steine nach der Richtung der Böschungslinie zuhauen, und wenn man auch den großen Aufwand von Zeit, Mühe und Material nicht in Anschlag bringen wollte, so würde doch die Festigkeit und die Dauer der Mauer beeinträchtigt werden, weil man die äußere feste Kruste der Backsteine vernichten und eine wund und rauh gehauene Fläche der Witterung aussetzen würde.

Fig. 179.



Die Holländer pflegen bei ihren aus Backsteinen bestehenden stark geböschten Wassermauern (Kaimauern) die Lagerfugen nach Fig. 179 so einzurichten, daß sie in dem eigentlichen Kern der Mauer horizontal gerichtet sind, während sie in einer Art von Verblendung der Mauer, aus demselben Material, normal auf der Stirn stehen. Der Kern erhält eine Abtreppung und hat an sich die erforderliche Stärke. Diese Anordnung gewährt den Vorteil, daß, wenn die äußere Verblendung nach Verwitterung oder Beschädigung erneuert werden muß, dies leicht und ohne großen Materialaufwand erfolgen kann und der Kern der Mauer unberührt bleibt. Eine sorgfältige Unterhaltung der Fugen der Verblendung ist indessen auch in diesem Fall immer nötig.

Da die geneigte Lage der Lagerfugenflächen, außer dem schon angeführten Nachteile, auch eine schwierigere Ausführung verursacht, so böscht man Backsteinmauern meistens nur sehr wenig, legt alle Steine wagerecht und führt die äußere, geböschte Fläche treppenförmig auf, indem man die oberen Schichten gegen die unteren um etwas zurückzieht.

Außer auf eine wagerechte Lage der Lagerfugen hat man noch darauf zu sehen, daß das Haupt oder die Stirn der Mauer die vorschriftsmäßige Gestalt erhält, oder daß die Mauer lot- und fluchtrecht aufgeführt wird.

Bei allen Mauern, mögen sie aus künstlichen oder natürlichen Steinen bestehen, bleibt es endlich noch eine Hauptregel, alle zusammenhängenden Mauern möglichst gleichmäßig, d. h. immer in gleicher Höhe aufzuführen, damit das unvermeidliche Setzen gleichmäßig und unschädlich stattfindet. Ist man indessen durch irgend einen Umstand gezwungen, von dieser Regel abzuweichen und einen Teil einer Mauer in geringerer Höhe liegen zu lassen, um ihn erst später mit dem bereits höher aufgeführten Teile wieder zu verbinden, so darf diese Verbindung nicht durch Verzahnung, sondern sie muß durch Abtreppung bewirkt werden, d. h. man muß den höher aufgeführten Mauerteil nach dem niedriger liegenden zu mit einer Abtreppung endigen lassen.

§ 28.
Anschluß neuer Mauern an alte.

Oft kommt der Fall vor, daß eine alte, bereits in Ruhe gekommene Mauer verlängert, oder mit einer andern neuen unter irgend einem Winkel verbunden werden soll. In diesem Fall darf man nicht in die alte Mauer (wie es häufig geschieht) eine Verzahnung einbrechen, sondern man kann bei einer Verlängerung allenfalls eine Abtreppung in der alten Mauer bilden und hierdurch eine Verbindung mit dem neuen Mauerteile herstellen. Da dies indessen bei einiger Höhe der Mauer nicht wohl möglich wird, und man außerdem die Entstehung von Rissen in dem neuen Mauerwerk dadurch doch nicht verhindern

kann, so bleibt es in allen Fällen am besten, die Mauer stumpf mit einer durch die ganze Höhe sich erstreckenden Stoßfuge an die alte zu setzen, oder dieselbe durch einen in der Wand auszuarbeitenden glatten und lotrechten Falz, Fig. 180, oder besser durch eine Nut, in welche eine Zunge der neuen Mauer paßt, Fig. 181 u. 182 A, zu verbinden. Nach dem Setzen der Mauer wird die Trennungsfuge zwischen beiden Mauerteilen zugefugt. Bei Ausführung des Anschlusses nach Fig. 182 B wird diese Trennungsfuge durch den überbindenden Mauervorsprung gedeckt.

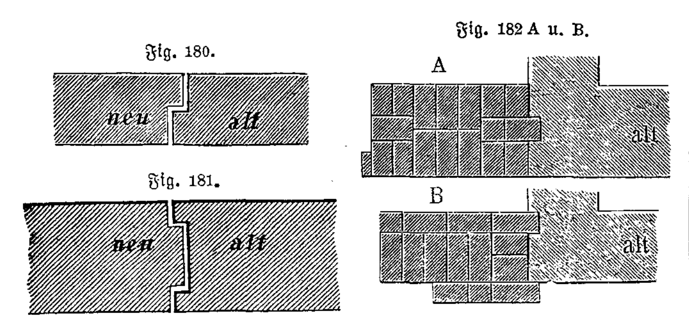


Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182 A u. B.

Ist die Verlängerung einer Mauer für später in Aussicht genommen, so mauert man übereinander in Entfernungen von ca. 1,5 m starkes Bandeisen ein, läßt es etwa 0,45—0,60 m vorstehen und nimmt die freien Enden in die später aufzuführende Mauer auf, wodurch ein guter Zusammenhang hergestellt wird und sich die neue Mauer vermöge der Biegsamkeit der Eisen unabhängig von der alten setzen kann.

Nach den Erfahrungen setzt sich eine unter den gewöhnlichen Vorsichtsmaßregeln aufgeführte Backsteinmauer um den 200. bis 150. Teil ihrer Höhe.

29.

Vom Versetzen der Werksteine.

Kleine Steine, wie Backsteine, Bruchsteine u. s. f. können leicht durch einen Arbeiter an den Ort ihrer Bestimmung gebracht und dort vermauert werden; anders verhält es sich bei Quadern oder Werkstücken, die vermöge ihres oft bedeutenden Gewichtes besondere Vorrichtungen erfordern, durch die sie sicher und ohne Beschädigungen an ihre Stelle gebracht und vermauert oder „versetzt" werden können.

Auf geringe Höhe geschieht die Beförderung des Werkstücks durch Walzen; sollen die Steine höher gehoben werden, so bedient man sich der sogenannten Hebegeschirre, worunter man Windevorrichtungen versteht, die so auf ein Gerüst gesetzt werden, daß sie sich nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen wagerecht verschieben lassen. Dadurch kann das Werkstück über die Stelle, an der es versetzt werden soll, gebracht und durch die Windevorrichtung niedergelassen werden.

Diese „Versetzgerüste" sind im zweiten Teile dieses Werkes besprochen, und es sollen hier nur die Mittel aufgeführt werden, die erforderlich sind, um das Werkstück zu fassen und es in solcher Weise mit dem Tau der Windevorrichtung zu verbinden, daß es nach dem Versetzen wieder leicht und ohne Verschiebung des Steines gelöst werden kann. Zu den gebräuchlichsten Vorrichtungen dieser Art gehört der sogenannte Wolf, auf Taf. 11, Fig. 5, in zwei Ansichten dargestellt. Er besteht aus zwei Seiten- und einem Mittelstücke, einem starken Bügel und einem Splintbolzen. Zuerst werden die Seitenstücke in das nach unten schwalbenschwanzförmig erweiterte Loch eingesetzt, hierauf das Mittelstück eingetrieben und die drei Teile mittels des Bolzens mit dem Bügel verbunden.

Fig. 6 zeigt eine ähnliche Vorrichtung, nur mit dem Unterschiede, daß das Mittelstück a leichter gelöst werden kann.

Fig. 7 u. 8 sind dem Prinzip nach den vorigen gleich, wie die Zeichnungen erkennen lassen; zu Fig 8 ist zu erwähnen, daß der Stein an der Kette a hängt und das Seil b dazu dient, den Keil auch dann lösen zu können, wenn man nicht unmittelbar zu demselben gelangen kann, weshalb diese Vorrichtung zum Versetzen der Werkstücke unter Wasser dient.

Zur besseren Befestigung der Eisen in den schwalbenschwanzförmigen Löchern werden die noch bleibenden Zwischenräume in der Steinöffnung mit trockenem feinem Sande ausgefüllt.

Diese Vorrichtungen sind nur dann anwendbar, wenn der Stein so hart ist, daß kein Ausbrechen erfolgen kann.

Bei weicheren Steinarten kann man nach Fig. 9 ein Tau um den Stein schlingen, dessen Kanten man durch unterlegte Strohpolster schützt. Oder man legt den Stein auf ein starkes Brett, eine Art Wagschale, Fig. 10, welche Vorrichtung jedoch wie die vorhergehende ihre leicht einzusehende Unbequemlichkeit hat.

Auch nach Fig. 11 hat man schon die Steine zu fassen gesucht, bei welcher Einrichtung die schraffierten Öffnungen nach dem Versetzen mit Cement ausgegossen werden müssen.

Benutzt man den Wolf oder eine ihm ähnliche Vorrichtung, die den Stein nur in einem Punkte hält, so muß dieser Punkt annähernd über dem Schwerpunkt des Steines liegen, damit sein unteres Lager nicht zu sehr von der wagerechten Lage abweicht.

Zum Heben kleinerer Steine empfehlen sich scherenartige Vorrichtungen, Fig. 183, wie solche schon im Mittelalter verwendet wurden und die einer näheren Erläuterung nicht bedürfen.[1])

Fig. 183.

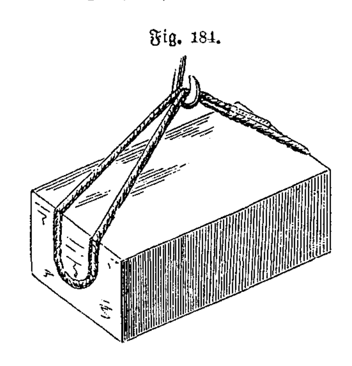
Schließlich geben wir in den Zeichnungen Fig. 184 bis 188 einige Vorrichtungen zum Fassen der Steine, deren sich die Griechen und Römer bedienten, und denen wir nur wenig beizufügen haben.

Dem Prinzip nach zeigen sie zwei Methoden, die Steine zu fassen; nämlich entweder an den vertikalen Begrenzungsflächen oder an der oberen Lagerfläche, oberhalb des Schwerpunktes oder der Schwerlinie des Steines. Die letzte Methode ist die zweckmäßigste, da man den Stein unmittelbar an seinen bestimmten Ort herablassen kann, was nicht möglich ist, wenn er an seinen Stoßflächen gefaßt wird, Fig. 184 u. 185.

Bei Fig. 184 sind an den Seitenflächen des Steines hufeisenförmige Rinnen eingehauen, in die ein verknüpftes Seil oder besser ein Seil ohne Ende eingelegt und mit einem Haken gefaßt wird.

Der Stein Fig. 185 ist an drei Seiten gefaßt, nämlich mit Haken an den Fugenflächen und mit einem Seil an einem

Fig. 184.



an der Stirnfläche des Steines stehen gebliebenen Bossen. Der eine Haken ist in eine an der Stoßfläche vertiefte Öffnung eingesetzt, während der andere einen stehen gelassenen Bossen derartig faßt, daß der Haken keine Seitenbewegung machen kann. Dieser Bossen wird nach dem Versetzen des Steines entfernt, um den nächsten Stein anschließen zu können, was aus dem Querschnitte Fig. 185 leicht ersichtlich ist.

1) Über eine neue Steinzange, siehe Deutsche Bauzeitung 1898, S. 400.

Fig. 185.

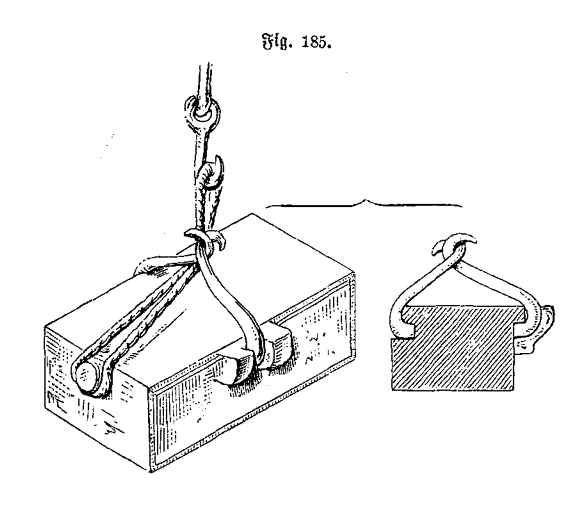


Fig. 186.

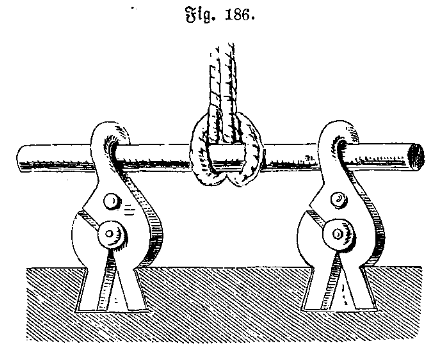


Fig. 187.

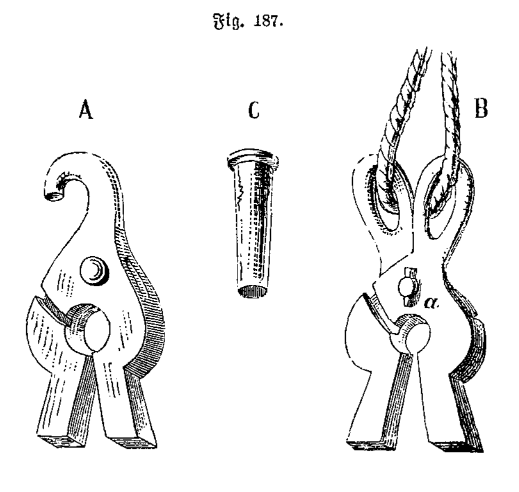


Fig. 186 zeigt den mittleren Durchschnitt eines Steines, der an zwei Punkten mittels scherenartiger Vorrichtungen gefaßt ist. Die Schere ist in Fig. 187 nach zwei verschiedenen Formen dargestellt, die sich nur nach ihrer oberen Endigung unterscheiden. In Fig. A ist der eine

Scherenbacken länger als der andere und mit einem Haken versehen; bei Fig. B hingegen sind beide Backen gleich und zum Durchziehen des Taues eingerichtet, bei welcher Vorrichtung der Stein auch nur an einer Stelle über dem Schwerpunkte gefaßt werden kann. a ist der Drehpunkt der Scherenbacken, und durch die runde Öffnung wird der Bolzen C gesteckt, um die Schere an die Wandungen der Öffnung anzupressen.

Fig. 188.

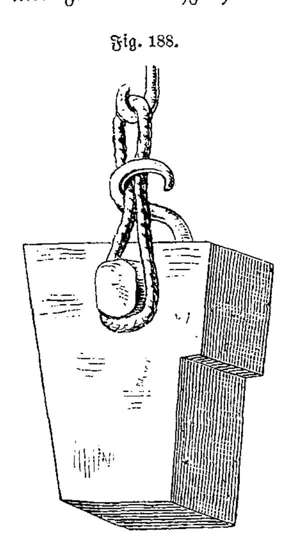


Fig. 188 stellt einen hakenförmigen Gewölbstein vor, der mit einem Seile an einem Bossen der Stirnfläche und mit einem Haken in entgegengesetzter Richtung, der in eine Öffnung des Steines greift, gefaßt ist.

Die mit ebenen Lagerflächen versehenen Steine werden, nachdem sie gehoben sind, in ihre richtige Lage in der Mauer dadurch gebracht, daß man unter die 4 Ecken des zu versetzenden Quaders kleine Bleiplättchen, oder, wie dies bei den gewöhnlichen Konstruktionen der Fall ist, kleine Stückchen von ungefärbtem Pappdeckel legt, und zwar je so viele aufeinander, bis die vorgesehene Fugendicke erreicht ist und der Stein seine richtige Lage angenommen hat; dies wird ein mehrmaliges Heben des Steines notwendig machen, und es sind deshalb jene Hebevorrichtungen besonders zu empfehlen, die ermöglichen, den Stein sofort an seinen richtigen Ort niederzulassen.

Diese Unterlagen dürfen nicht ganz vorn an den Kanten liegen, sondern sind etwa 2 cm von diesen zurückzurücken, weil die Kanten sonst leicht abgedrückt werden.

Das vielfach gebräuchliche Einlegen von Holzkeilchen an Stelle der Pappdeckelstückchen oder der Bleiplättchen ist zu verwerfen, da das harte Holz leicht die Steinkanten absprengt, auch dann, wenn die Holzkeilchen vor dem Gebrauche angefeuchtet wurden, damit sie dem Fugenmörtel keine Feuchtigkeit entziehen und nachträglich quellen, wodurch die Gefahr des Absprengens wesentlich vergrößert würde.

Nachdem auf diese Weise die richtige Lage des Steines ermittelt und gesichert ist, wird er nochmals gehoben, auf die gründlich angefeuchteten Lager Feinsandmörtel aufgezogen, ohne die Eckplättchen zu verschieben, und der Stein nunmehr vorsichtig so auf das Mörtelbett niedergelassen, daß er sofort seine richtige Lage einnimmt und nicht mehr verschoben werden muß.

Das an vielen Orten übliche Ausgießen der Lagerfugen mit dünnflüssigem Mörtel ist zu verwerfen, da der Mörtel in die schmalen Fugen nicht genügend eindringen kann und überdies beim Erhärten und durch Verdunsten des überflüssigen Wassers, das in dem dünnen Mörtelbrei enthalten ist, so stark schwindet, daß die Steine hohl liegen und nicht mehr auf Druck, sondern auf Biegung beansprucht werden. (Siehe hierüber § 1.)

Bei kleineren Quadern, wie Verkleidungsquadern u. dergl., kann auch in der Weise verfahren werden, daß man die Eckplättchen wegläßt und die Steine unmittelbar in ein Bett von Feinsandmörtel einsetzt; man klopft sie dann vorsichtig mit hölzernen Schlägeln oder mit dem Hammerstiele so lange, bis sie ihre richtige Lage eingenommen haben.

Um die versetzten Steine gegen Verunreinigung durch Kalkwasser oder Mörtel zu schützen, pflegt man sie mit Lehmwasser anzustreichen, das das Eindringen des Kalkes in den Stein verhindert und nach Vollendung des Bauwerkes leicht abgewaschen werden kann.

III. Mauerwerk aus Stampf- und Gußmassen.[1])

Wir verstehen unter diesen Mauern solche, die nicht aus einzelnen Steinen zusammengesetzte Körper bilden, sondern geformte Massen darstellen, bei denen sich nach der Anfertigung weder eine Schichtung, noch ein Verband der einzelnen Bestandteile der Mauer nachweisen lassen.

§ 30.

Lehm-Pisé-Mauern.

Die Kunst, auf diese Weise Mauern und Wände darzustellen, war nach Plinius schon im Altertume bekannt. Im Jahre 1790 beschrieb ein Franzose, der Professor Cointereaux, diese Bauart unter dem Namen le pisé (von piser, schlagen) und gab sie als seine Erfindung aus. Rondelet fand indessen schon im Jahre 1764 im Ain-Departement ein 150 Jahre altes Schloß, dessen Mauern aus Pisé bestanden, und im Jahre 1786 baute Joh. Rudolph auf dem westpreußischen Amte Niesczewitz ein Haus auf diese Weise.

Die Cointereauxsche Schrift regte indessen zuerst ein lebhafteres Interesse für diese Bauart in Deutschland an, und es wurden im Jahre 1795 die ersten bedeutenden Versuche im Pisé-Bau auf den Gütern eines Herrn von Lestewitz in Schlesien gemacht.

---

1) D. Gilly, Handbuch der Landbaukunst; S. Sachs, Anleitung zur Erdbaukunst; Fr. Engel, der Kalk-, Sand- u. Pisé-Bau; Ders., Die Bauausführung; Rondelet, L'art de bâtir.

Im Anfange dieses Jahrhunderts baute man, besonders in Mecklenburg, Preußen und Sachsen viele ländliche Gebäude en pisé, und in den Jahren 1824—26 war es namentlich der Bauinspektor Sachs in Berlin, der sich um diese Bauart Verdienste erworben hat.

Tauglich ist jede Lehm- und Erdart, die nicht mit zu viel Sand vermengt ist; fetter Thon kann durch Sandzusatz gemagert werden; zu magere Erdarten bröckeln leicht ab, zu fette bekommen beim Trocknen Risse und Sprünge.

Die besten Pisé-Mauern liefert der Lehm, besonders wenn er mit etwas Kies gemengt ist; Zusätze von Kalk- und Mergelteilen sollen nicht schädlich sein, sondern noch größere Festigkeit gewähren; Beimengungen von Humus machen die Erde zum Pisé-Bau untauglich.

Als Kennzeichen einer brauchbaren Erdart gilt die Eigenschaft: daß die Erde in steilen Wänden stehen bleibt, sich nur in Klößen mit dem Spaten ausheben läßt und die ihr durch Zusammendrücken in der Hand gegebene Form behält.

Größere Steine, Wurzeln und Holz müssen aus der Erde entfernt werden; um die frisch gegrabene Erde weder zu trocken noch zu naß werden zu lassen, ist es zweckmäßig, sie unter Dach zu bringen, um sie vor den unmittelbaren Witterungseinflüssen zu schützen.

Es darf nur so viel Material zubereitet werden, als an einem Tage verwendet werden kann.

Die Masse wird nach Gilly in folgender Weise zubereitet: die Erde wird auf einem gedielten Tretplatz aufgeschüttet, 12 Stunden vor der weiteren Bearbeitung stark genäßt und die Klöße mit dem Spaten zerstoßen; nach Verlauf dieser Zeit wird die Erde nochmals angefeuchtet und durch Treten mit den nackten Füßen in einen steifen Teig geknetet, dem man dabei kurz gehacktes Stroh beimengt und ihn dann 8—12 Stunden an der Luft abtrocknen läßt.

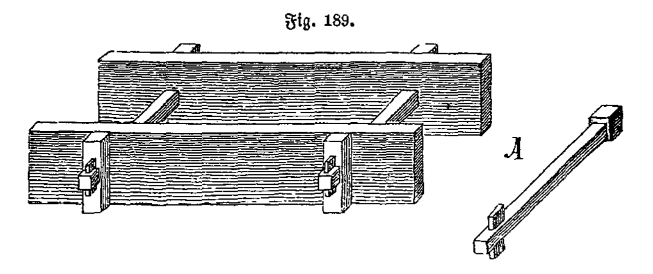
Die Erde darf bei der Verwendung zur Herstellung der Mauern weder zu naß, noch zu trocken sein; im ersten Fall wird sie durch das Stampfen im Formkasten hin und her getrieben, im letzteren Fall verbinden sich die Schichten nicht genügend untereinander.

Die Mauern werden entweder in hölzernen Formkasten oder zwischen dünnen Mauern aus Luftsteinen errichtet.

a) Mit Formkasten.

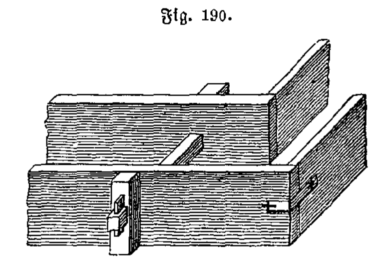
Die Form, mit der eine Pisé-Wand dargestellt werden soll, und in welche die zubereitete Erde eingefüllt und dann festgetreten wird, besteht aus zwei 3—6 m langen, etwa 6 cm starken und wenigstens 33—36 cm breiten gehobelten Bohlen (Dielen), Fig. 189, die auf jede 1,8 m Länge mit starken, aufgenagelten Leisten gegen das Verwerfen geschützt sind. Die beiden Bohlen erhalten da, wo die Querleisten sitzen, genau korrespondierend, 12 cm im Quadrat große Löcher, durch welche die die Verbindung der Bohlen bewirkenden Riegel gesteckt werden. Diese

Fig. 189.



Riegel, Fig. 189 A, ebenfalls 12 cm im Quadrat stark, erhalten an einem Ende einen Kopf, am anderen Ende einen 3 cm breiten Schlitz. Diese lichte Entfernung der beiden Bohlen entspricht der Stärke der aufzuführenden Mauer und es sind deshalb für die verschiedenen Mauerstärken Riegel von verschiedener Länge notwendig. An den Ecken bedient man sich besonders gestalteter Formen,

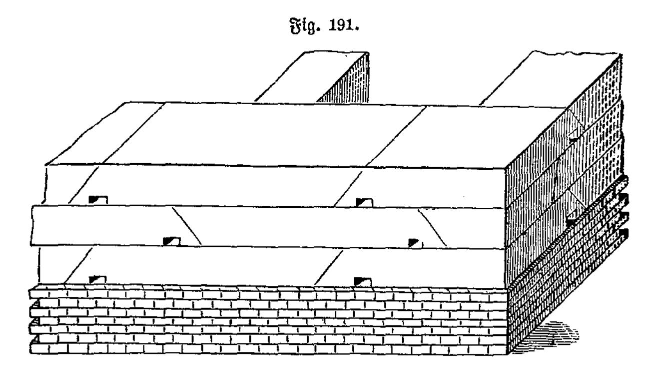
Fig. 190.



die durch eiserne Überwürfe zusammengehalten werden, Fig. 190.

In diese lot- und wagerecht aufgestellten Formen wird die zubereitete Lehmmasse in Schichten von etwa 10 cm Höhe eingebracht und entweder festgetreten oder mit besonders geformten Stämpfern festgestampft.

Fig. 191.



So wird die Form bis zur Oberkante der Bohlen nach und nach gefüllt, wobei man darauf zu sehen hat, daß nirgends Höhlungen bleiben, sondern alles in stetigem Zusammenhang ausgefüllt wird. Nach der Seite hin, nach welcher man arbeitet, wird die Masse in der Form unter

einem Winkel von etwa 60 Grad abgeböscht, damit, wenn man die Form weiterrückt, sich die neue Masse mit der bereits festgetretenen besser verbindet. Ist eine Schicht vollendet, so wird die zweite so darauf gesetzt, daß, wenn in der ersten die schrägen Stoßfugen von der Rechten zur Linken gehen, dies in der zweiten in umgekehrter Richtung der Fall ist, Fig. 191.

Die Fenster- und Thüröffnungen werden gewöhnlich in der Weise ausgeführt, daß man hölzerne Zargen aufstellt, zwischen denen man mit entsprechend langen Formkasten die Erde einstampft; doch kommen auch aus Backsteinen aufgemauerte Einfassungen in Anwendung, die jedoch die Ausführungen wesentlich verteuern, ohne Vorteile zu haben. Nach einem vereinfachten Verfahren führt man die Mauern voll auf, giebt die Umgrenzungen der Öffnungen auf ihnen an, und haut oder sägt sie aus den vollen Mauern aus; die in Eichenholz hergestellten Zargen werden später eingestellt, mit langen spitzen Nägeln in der Stampfwand befestigt und etwaige Lücken mit Lehmmasse verstrichen.

Für die Mauerlatte, die zur Aufnahme der Gebälke unbedingt notwendig ist, muß ein Falz eingehauen werden, sobald die Balkengleiche erreicht ist; der Platz für die Balkenköpfe wird ebenfalls durch Aushauen beschafft; Schornsteinrohre werden beim Aufstampfen der Mauern mit Luftsteinen hergestellt.

Wo sich zwei Mauern vereinigen oder durchschneiden, kann man (in den einzelnen Schichten) abwechselnd die eine als Hauptmauer betrachten und durchgehen lassen, während man die andere stumpf dagegensetzt, nur hat man darauf zu sehen, daß alle Mauern eines Gebäudes immer in gleicher Höhe gehalten werden, wie dies auch bei den Mauern aus Steinmaterial als Regel aufgestellt wurde.

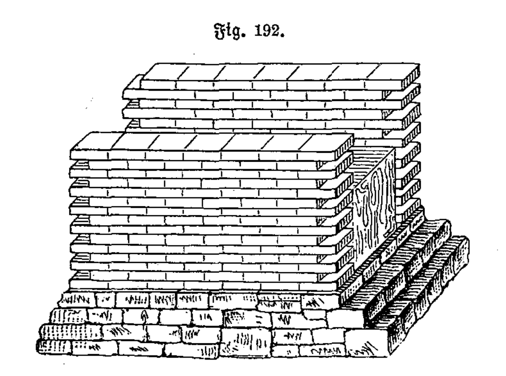
Es empfiehlt sich, die Arbeit unter einem leichten Bretterdache vorzunehmen, um die Mauern während der Herstellung gegen den schädlichen Einfluß von Sonne und Regen zu schützen.

Es ist erklärlich, daß eine aus vielen solchen niedrigen, in kurzen Zeiträumen übereinander gesetzten Schichten bestehende Mauer viele Unebenheiten und Buckel zeigen wird, indem jede untere Schicht durch das Treten oder Stampfen der oberen, da sie noch nicht vollständig erhärtet sein kann, leicht etwas ausbauchen wird. Diese Unebenheiten werden, nachdem die Mauer in ihrer ganzen Höhe vollendet ist, nach „Flucht und Lot" mit einem scharfen Beile abgehauen.

b) Mit Wangen aus Luftsteinen.

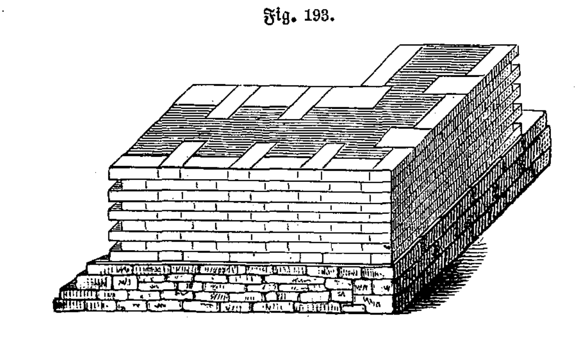
Dem Aufstampfen in Formkasten wird vielfach die Ausführung von Pisé-Wänden zwischen Wangen aus Luftsteinen vorgezogen, die sich als durchaus dauerhaft und haltbar gezeigt haben. Man mauert die Wangen aus Luftsteinen in Läuferschichten, Fig. 192, und füllt den Zwischenraum mit Lehmstampfwerk aus; in Höhen von ca. 1,25 m werden diese Wangen durch Binder in feste Verbindung mit dem Pisé gebracht.

Fig. 192.



Am zweckmäßigsten würde hier der polnische oder gotische Verband Anwendung finden, wie Fig. 193 zeigt. Gegen diese Konstruktion läßt sich nur einwenden, daß eine Trennung zwischen der inneren Ausfüllung und der äußeren Verblendung eintreten wird, weil die Lehmsteine in trockenem Zustande vermauert werden, wogegen sich die

Fig. 193.



Füllmasse in feuchtem Zustande befindet, und daher ein ungleiches Setzen stattfinden wird. Um diesen Umstand möglichst unschädlich zu machen, wird man die Lehmsteine zu den Verblendungen nicht ganz ausgetrocknet und die Füllmasse in möglichst trockenem Zustande verwenden müssen.

Die Erd-Pisé-Wände vertragen keine Nässe, und sie müssen deshalb sorgfältig gegen Grundfeuchtigkeit, Tagwasser und Schlagregen gesichert werden. Die Fundamente und der Sockel auf etwa 0,60 m Höhe müssen massiv hergestellt, die Dächer weit ausgeladen und die Mauern verputzt werden; das Verputzen darf erst nach vollkommener Austrocknung, d. h. frühestens nach einem Jahre erfolgen. Da der Putz schlecht an den Lehmwänden haftet, müssen die Pisé-Mauern mit Einschnitten versehen werden; dies geschieht am besten durch ein mit eisernen

Spitzen versehenes Instrument, mit dem schräg von oben nach unten gehende 5—8 cm tiefe Löcher in die Wand eingehauen werden; diese wird dann abgefegt, angenäßt, und mit Rapp-Putz beworfen, der aus 1 Teil Kalkbrei, 3 Teilen Lehm und 2 Teilen Sand besteht. Auf diesen kommt ein gewöhnlicher Kalkmörtelputz, am besten als Spritzbewurf.

Pisé-Wände zwischen Wangen aus Luftsteinen erhalten, nachdem sie angefeuchtet sind, einen Rapp-Putz, der in den offenen Fugen des Mauerwerks haftet, und darauf einen gewöhnlichen Kalkmörtelputz.

Über die den Mauern zu gebenden Abmessungen, siehe Engel, „Die Bauausführung", S. 241.

§ 31.

Kalksand-Pisé-Mauern.[1])

Die Masse des Kalksand-Pisé ist ein sehr magerer Mörtel, der wie die Erd-Pisé-Masse in Formen gestampft wird.

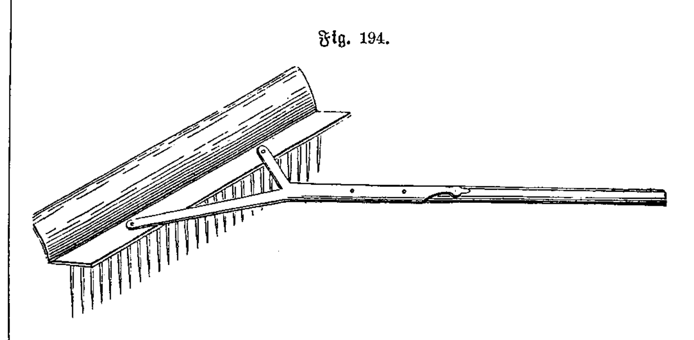
Zu trocken gelegenen Mauern verwendet man Luftkalk (Fettkalk), zu feucht oder naß gelegenen hydraulischen Kalk als Bindemittel des Sandes, dem grober Kies und Steine bis Nußgröße beigemengt sein können; der Sand muß frei von erdigen und lehmigen Beimengungen sein, was für das Gelingen der Arbeit als unerläßliche Bedingung gilt. Es wird deshalb Flußsand vorgezogen, oder ein Waschen des unreinen Sandes notwendig.

Was das Mischungsverhältnis anbelangt, so hängt dieses von der Beschaffenheit des Sandes und des Kalkes ab, denn es kommt darauf an, nur so viel Kalkmilch dem Sande zuzumengen, daß die Hohlräume zwischen den einzelnen Sandkörnern ausgefüllt werden. Das gewöhnlich angewendete Verhältnis ist: 8—9 Teile Sand auf 1 Teil Kalk; hierbei wird der Kalk als gelöscht und „eingesumpft" vorausgesetzt, d. h. in einem Zustande, wie er sich in der Kalkgrube findet, nachdem das Wasser abgezogen ist und der Kalk an seiner Oberfläche Risse und Sprünge zeigt. Der Kalk wird mit Wasser in Kalkmilch verwandelt und dieser der Sand nach und nach zugesetzt. Die nötige Wassermenge wird derart ermittelt, daß man ein Gefäß von bestimmter Größe möglichst dicht mit dem Sande und seinen Beimischungen von Kies anfüllt und dann so viel Wasser zuschüttet, bis alle Hohlräume gefüllt sind. Diese Wassermenge entspricht der Menge des zuzusetzenden Kalkhydrats, das dann gerade genügt, um die einzelnen miteinander in Berührung bleibenden Sandkörner mit einer dünnen Kalkhaut zu umhüllen.

1) F. C. Wedeke, Der Bau mit gestampftem Mörtel. Fr. Engel, „Der Kalksand-Pisé-Bau u. s. w." und die Bauausführung.

Da immer eine bedeutende Menge Mörtel herzustellen ist, so liegt der Gedanke nahe, sich hierzu einer Maschine zu bedienen, und es sind auch mehrere dergleichen versucht, welche in dem Engelschen Werke beschrieben werden. Engel ist aber durch Erfahrung dahin gekommen, und Wedeke ist derselben Ansicht, daß die Mengung durch Handarbeit, sowohl in Beziehung auf die Kosten als auch besonders in Ansehung der Güte des Mörtels, der durch Maschinen vorzuziehen sei. Ersterer beschreibt die Arbeit wie folgt: Zuerst werden von den 8 Teilen Sand etwa 3 Teile mit dem Kalk, wie bei der gewöhnlichen Mörtelbereitung, vermengt und dann die noch fehlenden 5 Teile Sand hinzugesetzt. Engel bediente sich zu dieser Bearbeitung einer besonderen „Mengeharke", welche in Fig. 194 abgebildet ist. Diese ist 42 cm breit

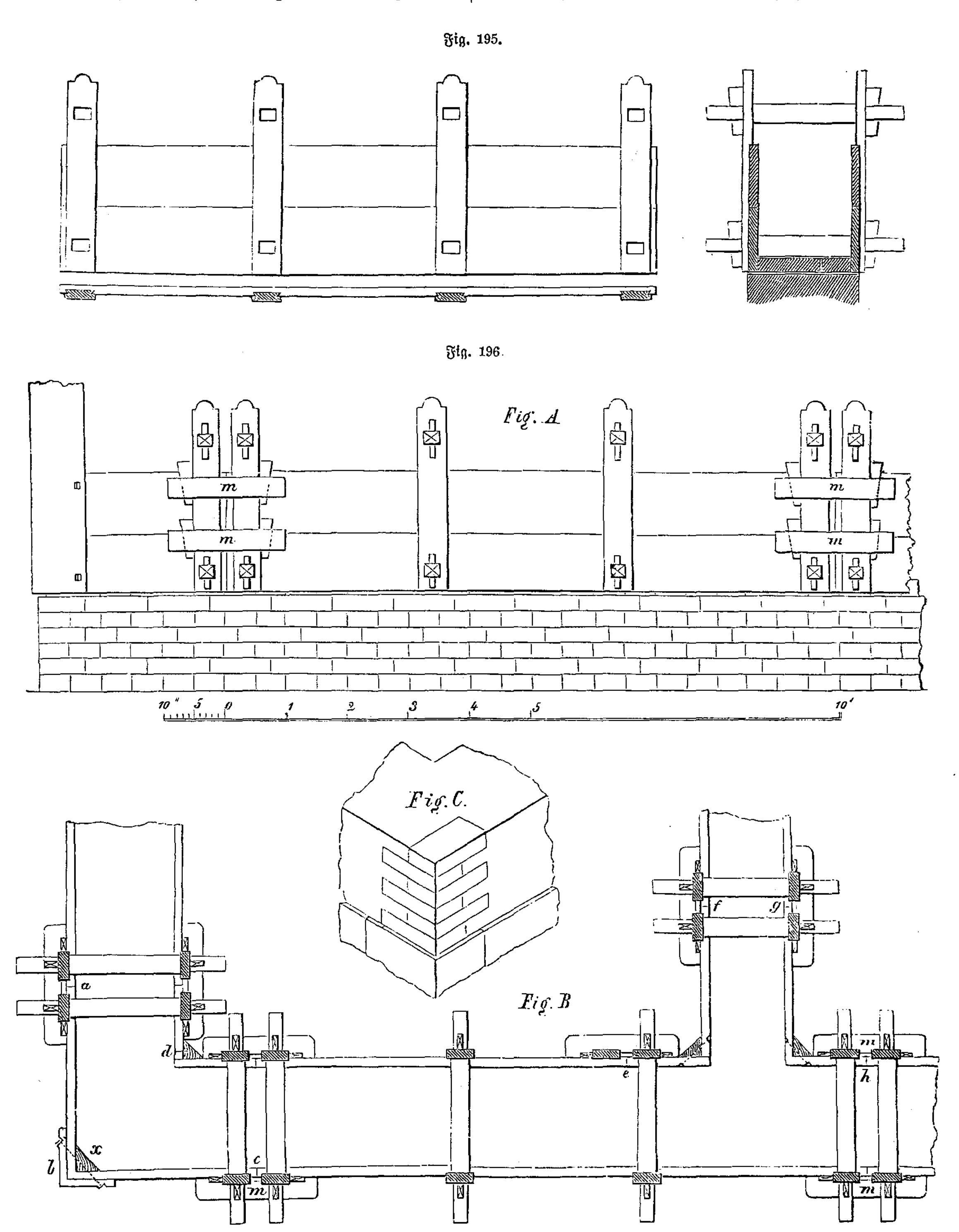
Fig. 194.



die Zähne sind 8,25 cm lang und stehen 1,2 cm voneinander entfernt. Auf dem Rücken der „Harke" befindet sich eine Krücke von 6,9 cm Höhe mit einer Schmiege „nach rückwärts und etwas gekrümmt". Die Mengung geschieht in einer geräumigen Kalkbank, indem man die Masse mit dem eben beschriebenen Instrument gegen die Wände harkt und mit der Krücke nach der Mitte „zurückquetscht". Durch dieses Manöver soll sich das kleinste Kalkstückchen zerdrücken, und 4 Mann sollen, an zwei Kalkbänken angestellt, im stande gewesen sein, 16—18 Stampfen täglich mit dem erforderlichen Material zu versehen. Wedeke sagt: „Es darf niemals mehr Mörtel zubereitet werden, als man höchstens in einem halben Tage verarbeiten kann; auch muß der Raum, wo er aufbewahrt wird, gegen Sonne und Regen geschützt sein".

Die zubereitete Masse wird nun ganz ähnlich wie bei dem Lehm-Pisé-Bau in Formkasten eingestampft, und zwar sind diese Kasten, nach Engel, auf folgende Weise angefertigt. Zunächst bedarf man zweierlei Formen, und zwar „Wandformen" und „Eckformen". Eine solche Wandform besteht aus zwei 3—4 cm starken, etwa 60 cm breiten, gespundeten und auf einer Seite glatt gehobelten Bretterwänden, welche auf 75—90 cm Entfernung mit 12—13½ cm breiten, 3½ cm starken Leisten, die am besten auf den Grat eingeschoben werden, gegen das Ver-

werfen geschützt sind. Da ferner sehr viel auf das genaue Aneinanderfügen der Formen der Länge nach ankommt, so müssen beide Tafeln nicht nur genau von gleicher Länge, sondern auch an den Enden genau rechtwinklig abgerichtet sein. Zwei solcher Tafeln bilden mit Hilfe von mehreren Riegeln einen sogenannten Wandkasten. Die Länge derselben soll, der leichteren Handhabung wegen, nicht über 4,8—5,1 m sein. In untenstehender Fig. 195 ist ein solcher Kasten in der Ansicht und im Durchschnitt dargestellt. Die Riegel, 6 und 9 cm im Quadrat stark, haben an jedem Ende einen Schlitz für einen Keil und einen Absatz, gegen den sich die Tafeln lehnen und



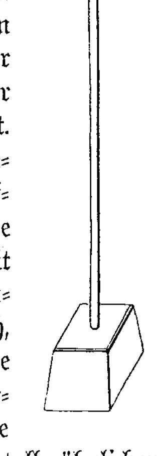
so die Stärke der Mauer bestimmen. Diese Form der Riegel ist der, nach welcher sie an einer Seite einen Kopf bilden (wie in Fig. 189), vorzuziehen, weil man nach Lösung der Keile beide Tafeln abnehmen kann, ohne die Riegel aus der noch frischen Masse herausziehen zu müssen, was von Wichtigkeit ist. Zu einer 4,8 m langen Form gehören 8 Riegel, 4 Ober- und 4 Unterriegel, die übrigens gleich gestaltet sind, nur gehen die unteren durch die Leisten und die Tafeln, die oberen aber nur durch die Leisten, welche ihrerseits die Tafeln überragen. Die Eckformen oder Eckkasten werden nach Engel am besten so angefertigt, wie sie in Fig. 196 A und B dargestellt sind; a b c d ist ein äußerer, e f g h ein innerer Eckkasten, welch letzterer zur Verbindung sich kreuzender Mauern dient. Engel sagt: „Da scharfe Ecken an den äußeren Wänden sich nicht allein schwer aufführen, sondern auch fast gar nicht erhalten lassen, so ist es zweckmäßig, durch Anbringung des dreieckig gearbeiteten Holzes x, Fig. B, in dem Punkte, wo die beiden Schenkel des Winkels zusammenstoßen, die scharfen Ecken abzustumpfen und somit zu vermeiden. Eiserne Schraubenbolzen, welche schräg durch die Ecke gehen und sowohl die äußeren Leisten und Bretter als auch den Eckpfosten fassen, geben dem Kasten selbst eine große Festigkeit, die außerdem durch die Riegel erhöht wird. Bei Eckkasten ist jedoch besonders darauf zu sehen, daß diese mit nicht zu kurzen Schenkeln angefertigt sind; wenigstens müssen die äußeren Schenkel 1,2—1,35 m lang sein". Nach Wedeke sollen „die äußeren Ecken und im Innern der Gebäude diejenigen, welche leicht abgestoßen werden könnten, von Backsteinen aufgeführt werden, wie in Fig. C angedeutet ist. Diese Backsteine werden, stark angenäßt, in die Ecken der Formen gelegt und mit dem Mörtel festgestampft, wobei darauf zu sehen ist, daß sie stets wagerecht gelegt und die Lagerfugen gleich stark gemacht werden". Diese letztere Methode ist der mit abgestumpften Ecken vorzuziehen, wenngleich sie einige Mehrkosten verursacht.

Die Verbindung der Wandkasten unter sich, wie mit den Eckkasten, wird durch übergelegte Klammern und Keile von hartem Holze bewirkt, wie dies Fig. A und B zeigen. Die Klammern m, m, sollen etwa 48 cm lang, 12 cm breit und 9 cm stark gemacht werden; die Keile sind mit 2—3 cm stark genug.

Es muß hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß man auf die genaue Anfertigung der Kasten die größte Aufmerksamkeit zu verwenden hat, weil davon die Gestalt der Mauern abhängt, die nicht wie bei dem Lehm-Pisé-Bau durch ein Abbeilen und Reiben rektifiziert werden können, sondern so bleiben müssen, wie sie aus der Form hervorgehen. Ganz besonders kommt es darauf an, daß die Brettertafeln der Kasten nicht windschief sind oder werden, wovon man sich durch das Auflegen von Richtscheiten überzeugen muß.

Außer den Kasten gebraucht man noch Stößer (Pisoirs), um die Masse festzustampfen. Diese haben die in Fig. 197 dargestellte Gestalt, eine Höhe von 21—24 cm und eine quadratische Grundform von 12—15 cm Seite. Sie werden von recht hartem Holze, die Stiele aber von weichem Holze angefertigt, und an ihrer Unterfläche mit Blech beschlagen, damit der Mörtel nicht an den Stößern haften bleibt.

Fig. 197.



Die Formkasten werden auf dem gemauerten Sockel flucht- und lotrecht aufgestellt, die gemengte Masse in einer Lage von 6—8 cm Stärke eingeschüttet und mit dem Stößer festgestampft. Das feste Zusammenstampfen der Masse ist sehr wesentlich, und es darf daher nicht früher eine neue Schüttung vorgenommen werden, bis die vorhergehende so hinuntergerammt ist, daß sie unter den Stößen des Pisoirs einen „dem Metalle ähnlichen Klang giebt". Auf diese Weise werden die Kasten nach und nach gefüllt und können alsdann zum erneuten Gebrauche auseinandergenommen werden. Es ist sowohl für die Beschleunigung der Arbeit, als für die Solidität der Mauer von Wichtigkeit, daß man eine Reihe von mehreren Kasten zugleich vollstampft; und es ist am besten, den Bau an einer Ecke so zu beginnen, daß man wenigstens noch einen Kasten neben den Eckkasten aufstellt, so daß auch ein Teil der Seite, nach welcher man nicht sogleich fortarbeiten, sondern wo man bei der Fertigstellung der Schicht endigen will, gleich im Verbande mit aufgestampft wird. Am Ende des letzten Kastens in jeder Kastenaufstellung muß das Material schräg abgestampft werden, und der nächstfolgende neu aufgestellte Kasten muß diesen schräg abfallenden Mauerteil wieder in sich aufnehmen. Der letzte Unterriegel in dem schrägen Teile bleibt stecken und wird bei der neuen Kastenaufstellung wieder mitbenutzt, um so die Verbindung herzustellen. Ebenso wichtig ist es, alle Scheidewände, welche sich mit den Umfangswänden oder auch unter sich kreuzen, gleich mit im Verbande aufzustampfen, so daß keine höhere Schicht (Kastenstellung) begonnen werden darf, bis nicht die vorhergehende in allen Wänden beendigt ist. Hat man so eine Kastenaufstellung geschlossen, worüber bei einem einigermaßen ausgedehnten Gebäude immer einige Tage vergehen, so kann man die zweite sogleich beginnen, an demselben Punkte, wo die erste begann. Bei kleineren Bauten, wo eine Schicht schneller zum Schluß kommt, muß man die Vorsicht gebrauchen, immer einen Zeitraum von wenigstens 24 Stunden vergehen zu lassen, ehe man auf eine beendigte Schicht eine

neue setzt. Um eine Verbindung der neuen Schicht mit der alten zu bewirken, wird letztere, wenn die neue Kastenaufstellung vollendet ist, an ihrer Oberfläche tüchtig genäßt. Die Löcher der Kastenriegel soll man nach Engel bis nach Aufführung aller Wände offen lassen, was zum Austrocknen der Wände sehr viel beitragen soll.

Bei heftigem Regen muß man die Arbeit unterbrechen und die angefangenen Formkasten mit Brettern bedecken; ein feiner, nicht anhaltender Regen ist aber der Arbeit eher förderlich als hinderlich.

Ein Putzen der Wände ist bei sauberer Arbeit nicht notwendig, aber wünschenswert, um die Mörtelmasse, die sehr luftdurchlässig ist, vor Durchfeuchtung zu schützen.

Um Schornsteinrohre herzustellen, werden runde Hölzer von etwa 16 cm Durchmesser mit eingestampft und mit dem Fortschreiten der Arbeiten entsprechend in die Höhe gezogen.

Holzzargen zur Herstellung der Fenster und Thüröffnungen haben sich nicht bewährt, da sie zunächst aufquellen, sich beim Trocknen wieder zusammenziehen und sich dadurch von der Wand loslösen. Es ist deshalb besser, die Fenster- und Thüröffnungen ohne die Zargen, lediglich in Pisé aufzustampfen, und zur Aussparung der Öffnungen hölzerne Lehren einzustellen, die nach dem Umstampfen entfernt werden.

Eiserne Thor- und Thürhaken werden mit entsprechend langen und mit Verkröpfungen versehenen Ankern unmittelbar eingestampft; in erhärtetem Pisé müssen sie wie in Stein befestigt werden.

Die mit gewöhnlichem Luftkalk herzustellenden Pisé-Mauern sind ungefähr um $^1/_4$ stärker als bei der Verwendung von Mauersteinen aufzuführen; bei Verwendung von hydraulischer Kalkstampfmasse, welche schneller erhärtet, ist die Stärke gewöhnlicher Ziegelmauern ausreichend.

Sollen auch Fundamente in Stampfmasse hergestellt werden, so empfehlen sich folgende Mischungen:

1 Teil Luftkalk, 1 Teil Portlandcement, 6—8 Teile Sand, oder

2 Teile hydraulischer Kalk, 1 Teil Portlandcement und 8—9 Teile Sand.

Für Gewölbe sollte immer die letztere Mischung verwendet werden.

§ 32.

Cementbeton-(Konkret-)Mauerwerk.[1])

Die ausgezeichneten Eigenschaften des Cementmörtels (siehe S. 51) und die große Entwicklung der Cement-Industrie in den letzten 30 Jahren begünstigen die Verwendung des „Cementbetons" zu Hochbau-Konstruktionen aller Art, und es kommt dieses Baumaterial in neuester Zeit immer mehr in Aufnahme.

Unter „Beton" (Grobmörtel, Konkret) verstehen wir eine Mischung von Mörtel mit Kies oder Steinschlag (auch mit Schlacken); die Bezeichnungen: Cement-Kiesbeton, Cement-Schlackenbeton, im Gegensatze zu Schwarzkalk-Kiesbeton u. dergl., leiten sich von der Art der Füllstoffe und der Gattung des Bindemittels her.

Große Sorgfalt in Auswahl, Behandlung und Mischung der Materialien ist Haupterfordernis, wenn der Beton den Anforderungen entsprechen soll; sie müssen frei von lehmigen und thonigen Bestandteilen, überhaupt rein sein, da hiervon die Größe der Adhäsion des Cementes abhängt; der Sand soll grob und scharf, der Kies oder Steinschlag in allen Korngrößen bis etwa 4,5 cm vorhanden sein, so daß nach sorgfältiger Mischung die Hohlräume möglichst eingeschränkt sind; der Mörtel muß die sämtlichen Steine umhüllen, so daß sich ihre Oberflächen nirgends unmittelbar berühren, und das Steinmaterial muß eine Druckfestigkeit haben, die nicht hinter der des Cementmörtels zurückbleibt. Vorzüglich geeignet ist Kies, aus Flußbetten oder Gruben gewonnen, in dem alle Korngrößen und Formen vertreten sind, und Schotter aus natürlichen Steinen, der den Vorzug hat, rauhe Bruchflächen und scharfe Kanten bei großer Mannigfaltigkeit der Formen zu besitzen. Diese beiden Materialien werden häufig gleichzeitig verwendet.

Schotter aus Ziegelsteinen hat nur geringe Gleichförmigkeit in Bezug auf Wetterbeständigkeit und Festigkeit und besitzt große Wasseraufnahmefähigkeit, wodurch dem Mörtel leicht das zur Erhärtung nötige Wasser entzogen wird; der Ziegelstein-Schotter ist deshalb zur Betonbereitung nicht zu empfehlen.

Die Festigkeit des Betons ist, abgesehen von der richtigen Behandlungsweise, in erster Linie von dem Mischungsverhältnis abhängig, das durch die meist übliche Angabe der Einzelbestandteile in Raumteilen sehr unbestimmt ausgedrückt wird; denn bei Cement, Sand, Kies, Schotter ist die Größe der Hohlräume von der Größe und der Form des Korns, von der Dichte der Lagerung, von der Einschüttungsweise, und bei Sand und Kies auch vom Feuchtigkeitszustande abhängig.

Um richtige Angaben über die Einzelmengen der Materialien zu erhalten, ist die Gesamtgröße der Hohlräume in einer bestimmten Menge von Kies oder Steinschlag zu ermitteln, was am einfachsten durch Zusatz von Wasser geschieht. So groß der Gesamthohlraum, so groß ist die Mörtelmenge zu bemessen; damit sich die Steine jedoch nicht unmittelbar berühren, sondern jedes Stück mit

1) Siehe Zeitschrift für Baukunde 1881, S. 519. — Der Portlandcement und seine Anwendungen, vom Verein deutscher Portland-cement-Fabrikanten. Berlin 1899. — Die deutsche Portland-Cement- und Beton-Industrie auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902.

einer dünnen Mörtelhülle umgeben wird, ist ein Zuschlag von etwa 15 Proz. erforderlich.

So beträgt z. B. der Hohlraum von Kies aller Korngrößen bei dichter Lagerung etwa 35 Proz.; an Mörtelmenge sind dann notwendig

$$35 + 35 \,.\, 0{,}15 = \text{ca. } 40 \text{ Proz.}$$

bei 40 Proz. Hohlraum: $40 + 40 \,.\, 0{,}15 = 46$ Proz.

„ 45 „ „ $45 + 45 \,.\, 0{,}15 = 52$ „

Die notwendige Größe des Cementanteils wird erhalten, wenn man die Größe der Hohlräume des Sandes bestimmt und auch dazu einen gewissen Zuschlag macht, um eine satte Berührung der Sandkörner herzustellen. Unter diese Grenze darf nicht herunter gegangen werden, wenn der Beton dicht bleiben soll; gewöhnlich wird der Cementanteil höher bemessen, je nach den Anforderungen an rasche Erhärtung und Festigkeit.

Mehr Mörtel, als zur Ausfüllung der Hohlräume und Umhüllung der einzelnen Steine mit einer dünnen Schicht erforderlich ist, zu verwenden, empfiehlt sich nicht und ist unrationell, dagegen kann man die Mörtelmenge beschränken, wenn der Beton nicht dicht zu sein braucht, wie dies bei den meisten Hochbaukonstruktionen der Fall sein wird, da man die Dichtigkeit durch einen dichten Überzug — Putz — zu erreichen sucht. Die durch die geringere Mörtelmenge hervorgerufene Verringerung der Festigkeit kann man durch größere Mörtelfestigkeit wieder ausgleichen.

Sobald die Zusammensetzung des Mörtels bestimmt ist, kann für jede Größe des Hohlraumes die erforderliche Menge von Cement und Sand ermittelt werden, nach der § 25 angegebenen Tabelle der erforderlichen Materialmengen für Cementmörtel.

Es sei z. B. das Mischungsverhältnis des Mörtels 1 : 4 angenommen, und der Hohlraum werde ermittelt zu 40 Proz., so sind erforderlich pro Kubikmeter Beton 400 Liter Mörtel, und somit nach der angegebenen Tabelle:

Cement 4 : 37 kg . . = 148 kg,
Sand 4 : 104 Liter . = 416 Liter,
Kies 1 cbm . . . = 1000 Liter.

Wenn der Mörtelmenge, um satten Beton zu erhalten, 15 Proz. zugeschlagen werden müßten, so würden zu 1 cbm Beton notwendig werden:

Cement 148 kg + 15 Proz. . = 169 kg
Sand 416 Liter + 15 Proz. = 478 Liter,
Kies unverändert . . . . . . 1000 Liter.

Diese Rechnungsergebnisse stimmen indessen wegen der wechselnden Struktur von Cement und Sand und wegen des geringeren Wasserzusatzes beim Beton gegenüber dem „mauergerechten“ Mörtel nicht vollständig mit den Ergebnissen praktischer Versuche zusammen, und es sind deshalb Erfahrungszahlwerte über Beton erwünscht.

Aus vielseitigen Erfahrungen hat sich die Regel ergeben, daß satter Beton erhalten wird, indem man den Kiesanteil etwa doppelt so hoch als den Sandanteil nimmt, daß man aber bei Verwendung von Materialien mit größerem Hohlraume den Anteil letzterer entsprechend verringern muß.

Hiernach liefern die folgenden Mischungen satten, gestampften Beton:

I. Mit Kies, bei ca. 35 Proz. Hohlraum.

Mischungsverhältnis, Raumteile				Ausbeute	1 cbm Stampfbeton erfordert			
Cement		Sand	Kies		Cement		Sand	Kies
Liter	kg	Liter	Liter	Liter	Liter	kg	Liter	Liter
100	140	100	200	220	450	630	450	900
100	140	150	300	330	300	420	450	900
100	140	200	400	440	225	318	450	900
100	140	250	500	550	180	252	450	900
100	140	300	600	665	150	210	450	900
100	140	400	800	885	115	158	450	900
100	140	500	1000	1125	90	125	450	900
100 + 100 hydraul. Kalk	140	600	1200	1345	75	105 + 45 Kalk	450	900

II. Mit Schotter, bei ca. 45 Proz. Hohlraum.

Mischungsverhältnis, Raumteile				Ausbeute	1 cbm Stampfbeton erfordert			
Cement		Sand	Schotter		Cement		Sand	Schotter
Liter	kg	Liter	Liter	Liter	Liter	kg	Liter	Liter
100	140	100	150	165	540	756	600	900
100	140	150	200	215	440	616	600	900
100	140	200	300	330	300	420	600	900
100	140	250	375	420	240	336	600	900
100	140	300	450	485	200	280	600	900
100	140	400	600	658	150	210	600	900
100	140	500	750	815	120	168	600	900
100 + 100 hydraul. Kalk	140	600	900	960	100 + 100 Kalk	140	600	900

Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf stark gestampften Beton; bei weniger dicht gestampftem Beton ist die Ausbeute größer und daher der Materialbedarf für 1 cbm Beton geringer.

Mit Vorteil kann Kies mit gleichzeitiger Beimengung von Steinschlag zur Herstellung des Betons verwendet werden, da dieser dadurch wesentlich billiger wird, ohne erheblich an Festigkeit einzubüßen, wie aus der folgenden Tabelle über die Druckfestigkeiten zu ersehen ist.

Tabelle I.

Druckfestigkeit von Beton nach 1 Tag Erhärtung an der Luft und 27 Tagen unter Wasser:

Mischungsverhältnisse in Raumteilen				Druckfestigkeit
Cement	Kalkteig	Sand	Kies	kg pro qcm
1	—	2	—	151
1	—	2	3	196
1	—	2	5	170
1	—	—	5	70
1	—	3	—	99
1	—	3	5	116
1	—	3	6,5	108
1	—	4	—	75
1	—	4	5	91
1	—	4	8,5	86
1	1	6	—	53
1	1	6	12	52

Tabelle II.

Druckfestigkeit nach 7monatlicher Erhärtungsdauer der Betonblöcke im Freien:

Mischungsverhältnisse in Raumteilen					Druckfestigkeit
Cement	Kalkteig	Sand	Kies	Steinschlag	kg pro qcm
1	—	3	6	—	140
1	—	4	8	—	121
1	—	5	10	—	94
1	1	6	12	—	97
1	—	2,5	2,5	8 Basalt	148
1	—	3	3	10 Kalkstein	121
1	—	3,5	3,5	11 Sandstein	83
1	1	4	4	13 "	91

Zur Herstellung von Mauern, zu Fundationen u. dergl. empfehlen sich besonders folgende Mischungsverhältnisse, je nach der verlangten Festigkeit:

1 Tl. Cement, 2 Tle. Sand, 4 Tle. Kies
1 " " 3 " " 6 " "
1 " " 4 " " 8 " "
1 " " 1 " Kalkteig, 5—6 Tle. Sand, 9—12 Tle. Kies
1 " " 3 " Sand, 3 Tle. Kies, 8—9 Tle. Steinschlag
1 " " 3,5 " " 3,5 " " 9—10 " "

Wegen der Billigkeit und der vollkommen ausreichenden Festigkeit empfehlen sich insbesondere die Betons mit Zusatz von hydraulischem Kalk; an Orten, wo bester Schwarzkalk zur Verfügung steht, kann sogar ein reiner Schwarzkalkbeton zu Fundationen verwendet werden. So sind z. B. die Fundationen der vom Verfasser ausgeführten Universitätsbauten in Straßburg nach folgenden Mischungsverhältnissen ausgeführt worden:

a) Beim allgemeinen Kollegiengebäude, bei einer Höhe der Fundamente von durchschnittlich 2,15 m:

1 Tl. Portlandcement von Dyckerhoff,
1 " Schwarzkalk, 5 Tle. Rheinsand, 10 Tle. Rheinkies.

b) Beim zoologischen Institut, bei teilweise 3—4 m hohen Betonfundamenten:

Unter Wasser: 1 Tl. Portlandcement, 1 Tl. Schwarzkalk, 5 Tle. Rheinsand und 9 Tle. Rheinkies.
Über Wasser: 2 Tle. Schwarzkalk, 5 Tle. Rheinsand und 7 Tle. Rheinkies.[1])

Wo das Verlegen des Betons unter Wasser erfolgen soll, muß für ruhendes Wasser gesorgt werden, da durch die Strömung der Cement ausgewaschen wird; wo das Wasser bewegt ist, muß die Mörtelmenge vermehrt werden, und es empfehlen sich je nach den örtlichen Verhältnissen entsprechende Zuschläge zu den vorstehend angegebenen Mengen. (Beim Cement bis 15 Proz., beim Sand bis 10 Proz., so daß der Mörtelanteil bis 50 Proz. der Masse steigt.)

Die Bereitung des Betons erfolgt bei großen Massen durch Maschinen, oder, wie dies bei den Hochbauten gewöhnlich der Fall ist, durch Handarbeit, die meistens ein besseres Produkt als die Maschinenarbeit liefert.

Bei Bereitung mit der Hand wird der abgemessene Kies und Sand auf einer sogenannten Mörtelpritsche gleichmäßig aufgeschüttet, darüber der Cement ausgebreitet und die trockene Masse sorgfältig durchgearbeitet; alsdann folgt der Wasserzusatz mit Benutzung einer Brause (Gießkanne) unter fortwährender sorgfältiger Umschaufelung, bis die Masse bei gleichmäßigem dunkeln Aussehen ohne hellfarbige Streifungen erdfeucht ist, so daß sie sich in der Hand noch zusammenballen läßt. Für Betonierungen unter Wasser muß der Wasserzusatz etwas größer werden, damit die Lagerung des Betons sich selbstthätig vollziehen kann.

Der so zubereitete Beton ist alsbald zu verwenden, da der Cement schnell abbindet, und Raschheit bei der Verarbeitung wesentlich zur Güte der Betonkonstruktionen beiträgt.

Die Betonwände werden entweder, ähnlich wie die Lehm-Pisé-Wände, in monolithen Massen zwischen Schalungen, oder aus einzelnen Betonsteinen — Kunstsandsteinen — hergestellt, die genau wie die natürlichen Steine vermauert werden.

Bei der ersten Art erfolgt das Einfüllen der Betonmasse zwischen Bretterschalungen, oder in besonders konstruierten Formkasten aus Holz oder Eisen, die im allgemeinen aus Leitständern und Platten bestehen, die durch Klammern, Bolzen, Querschienen in feste, jedoch einfach und leicht zu lösende Verbindung gebracht werden.[2]) In

1) Die 0,60 m hohen Fundamentsohlen des pharmakologischen Instituts sind in demselben Beton hergestellt worden.

2) Siehe Engel, Die Bauausführung, S. 263. Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Band, S. 133 u. ff. Besonders konstruierte, leicht aufzustellende und abzunehmende „Betonbaugerüste von Ingenieur Ph. Toelpe“ werden von der „Beton-Baugerüst-Gesellschaft“ in Neumünster in Holstein geliefert.

diese Formen wird die Betonmasse in 20—25 cm hohen Schichten eingebracht und mit einem 10—15 kg schweren Stampfer so lange bearbeitet, bis sich an der Oberfläche Wasser zeigt. Da die Formtafeln gewöhnlich 65 cm hoch sind, so können 3 solcher Schichten bis zur Füllung eines Formkastens eingebracht werden.

Man richtet sich nun gerne so ein, daß in ein bis zwei Arbeitstagen eine solche 65 cm hohe Schicht rings um das Gebäude vollendet wird; in dieser Zeit ist die Masse soweit erhärtet, daß die Platten höher geschoben und eine neue Schicht begonnen werden kann. Vor dem Beginne dieser ist jedoch die obere Fläche der verlegten Schicht rauh zu machen, aufzuhacken, zu reinigen und anzufeuchten, um das Aneinanderhaften der beiden Schichten zu vermehren.

Können die Schichten nicht gleichmäßig um das Gebäude herumgeführt werden, so sind in entsprechenden Entfernungen Absätze, Abtreppungen zu bilden.

Zur Bildung der Thür- und Fensteröffnungen werden entweder hölzerne Kasten eingestellt, die später wieder herausgenommen werden, oder die Umfassungen werden mit Backsteinen oder mit Betonsteinen ausgeführt. Über die Leibungen werden häufig Überlagshölzer gelegt, um Vorhänge, Roulcaux u. dergl. m. besser befestigen zu können; konisch geschnittene und mit einigen starken Drahtstiften versehene Dübel werden sofort an den entsprechenden Stellen mit eingelegt; Raum für Mauerlatten und Balkenköpfe und Nuten für etwa in Backstein vorzumauernde Gesimse müssen ausgespart werden. Rauchrohre spart man aus durch Einsetzen von 1 m langen Blechcylindern, die gespalten sind und durch Bewegung eines Doppelhebels verengert und dann leicht in die Höhe gezogen werden können.

Die Betonmauern sind im allgemeinen in derselben Stärke zu halten wie Backsteinmauern; wo die Mauern als Umfassungsmauern dienen, empfiehlt sich ein äußerer Putz mit Cementmörtel, um das Durchschlagen der Feuchtigkeit zu verhüten und die Wände dichter zu machen, da der magere Beton porös und wärmedurchlässig ist.

Die Versuche, den Beton in erheblichem Umfange zum Bau ganzer Häuser zu verwenden, haben bisher keinen großen Erfolg gehabt.[1]) Die formale Durchbildung ist eine beschränkte, wenn die Wände ganz in Beton durchgeführt werden, obgleich sich bei angemessen einfachen Gliederungen auch entsprechende Wirkungen erreichen lassen, wie das nach Plänen Dollingers errichtete Wärterhaus der oberschwäbischen Eisenbahn zeigt (Deutsche Bauzeitung, 1870). Reichere Anlagen erfordern große Kosten wegen Mannigfaltigkeit der zur Herstellung notwendigen Formen, die Umfassungsmauern müssen etwa in derselben Stärke gehalten werden, wie bei Ausführungen in Backstein, wenigstens bei Wohngebäuden, um Feuchtigkeit und Kälte von den Wohnräumen abzuhalten, so daß eine Kostenverringerung gegenüber den Backsteinbauten nicht vorhanden ist. Ein weiterer Mißstand der Betonkonstruktionen bei ihrer Anwendung für ganze Bauten ist ihre Starrheit, die sich einer durch veränderte Bedürfnisse notwendig werdenden Änderung der Anlage widersetzt. Die unansehnliche Färbung und die langdauernden Ausblühungen der Betonwände sind weitere Mißstände, wodurch die Vorzüge der raschen Ausführung und der raschen Trocknung wieder aufgewogen werden. Es wird deshalb auf die Verwendung des Betons zu ganzen Häusern nicht zu rechnen sein, dagegen eignet er sich ganz vorzüglich zu Fundationen, Decken- und Treppenkonstruktionen u. dergl. m.

1) Über Herstellung ganzer Bauten in Beton (Grobmörtelmauerwerk), siehe Deutsche Bauzeitung 1877, S. 458 u. 160; 1870, S. 45; 1881, S. 440; 1872, S. 385; 1873 S. 280.

§ 33.

Die Wände in Cement-Eisen-Konstruktionen.[1])

Die Verbindung von Eisen und Mörtel zu Baukonstruktionen ist keine ganz neue Konstruktionsweise, doch gehört die ausgedehntere Anwendung und die sachgemäße Durchbildung der neuesten Zeit an; es sind insbesondere die von J. Monier in Paris erfundenen und nach ihm benannten Konstruktionen, die weite Verbreitung und vielfache Anwendungen gefunden und verschiedene andere auf denselben Prinzipien beruhende Konstruktionen hervorgerufen haben.

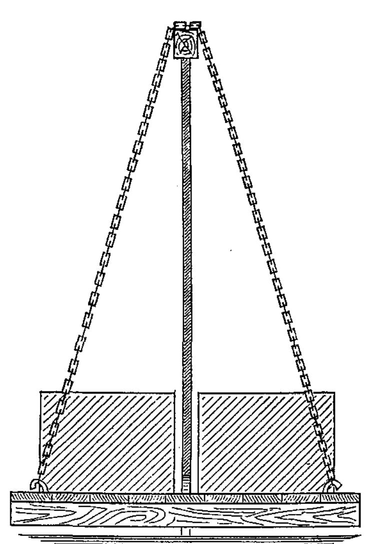
Die Vorzüge der Cement-Eisen-Konstruktionen (der „armierten" Betonkonstruktionen) beruhen auf der sachgemäßen und gegenseitig sich ergänzenden Ausnutzung der Haupteigenschaften der beiden Materialien: der großen Druckfestigkeit des Portlandcements und der großen Zugfestigkeit des Eisens.

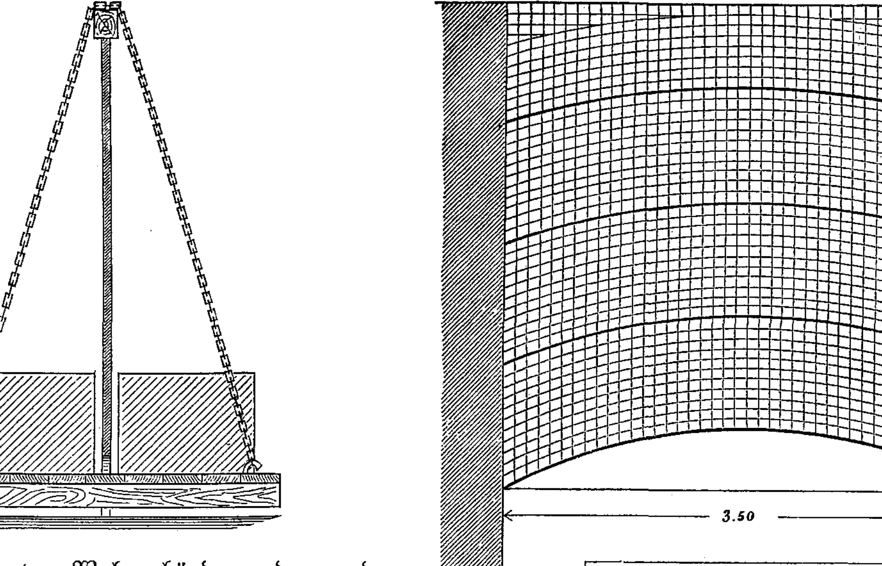
Die Ausnutzung dieser Eigenschaften und die Verbindung der beiden so verschiedenen Materialen zu einem Körper ist aber nur deshalb möglich, weil die beiden Stoffe denselben Ausdehnungs-Koeffizient besitzen — Cement 0,0000137—0,0000148, Eisen 0,0000145 für je 1° Wärmewechsel —, und daß der Cement außerordentlich fest am Eisen haftet; diese Haftfestigkeit beträgt nach Bauschinger 40—47 kg für 1 qcm Fläche. Die dichte und feste Cementumhüllung schützt aber gleichzeitig das eingebettete Eisen vollständig vor dem Rosten, und es

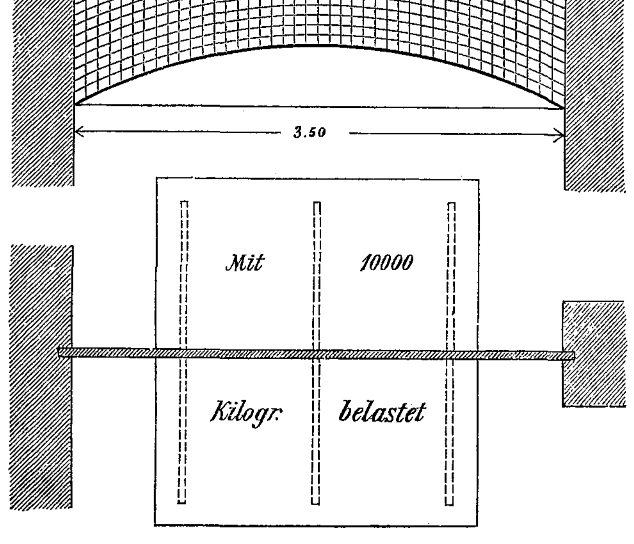
1) Über Decken in Cement-Eisen-Konstruktionen siehe Kap. III, § 31. — Siehe die Fußnote § 32.

sind nach den zahlreich vorliegenden Erfahrungen die Cement-Eisen-Konstruktionen auch als vollkommen feuersicher zu betrachten, da das Eisen dem unmittelbaren Einfluß des Feuers durch die Cementumhüllung entzogen ist. Aus dem geringen Eigengewicht dieser Konstruktionen geht die Möglichkeit der Erreichung großer Spannweiten für Deckenkonstruktionen und die gute Anwendbarkeit noch an Stellen hervor, wo andere Konstruktionen wegen der fehlenden Unterstützungen ausgeschlossen oder nur schwer anwendbar sind.

Fig. 198.







Zu Außenwänden von Wohngebäuden und zu anderen Zwecken, wo Wärmeschutz und Abhaltung der Kälte angestrebt wird, eignen sich die Cement-Eisen-Konstruktionen nur, wenn sie als Doppelwände mit eingeschlossenen Luftschichten hergestellt werden, was die Anlage sehr verteuert, so daß derartige Ausführungen wohl immer auf gewisse Fälle beschränkt bleiben werden. (Das Volksbrausebad auf dem Meriansplatze in Frankfurt a. M. ist einschließlich der Umfassungswände nach dem System **Monier** ausgeführt.[1])

Dagegen eignen sie sich vortrefflich für innere Trennungswände zum feuersichern Abschluß von Räumen, für Scheidewände in Aborten, bei Badezellen, für Wände auf dem Hohlen, zur feuersichern Ummantelung von Eisenkonstruktionen, zu Reservoirs, insbesondere zu Deckenkonstruktionen u. dergl.

Das Eisengerippe der **Monier**-Konstruktionen besteht aus einem Netz von gleich starken oder verschieden starken Eisendrähten von 5—15 mm Dicke und 6—10 cm Maschenweite, die an den Kreuzungspunkten durch Bindedraht verknüpft werden, um ein Verschieben beim Aufbringen des Cementmörtels zu verhindern; dieser wird in der Weise aufgebracht, daß er nach Fertigstellung des Drahtnetzes gegen eine auf der einen Seite angebrachte Schalung angedrückt wird, die nach 4—5 Tagen wieder weggenommen werden kann. Die Wände sind 3—5 cm stark und erhalten je nach ihrer Bestimmung Kalkmörtel- oder Cementmörtel-Verputz.

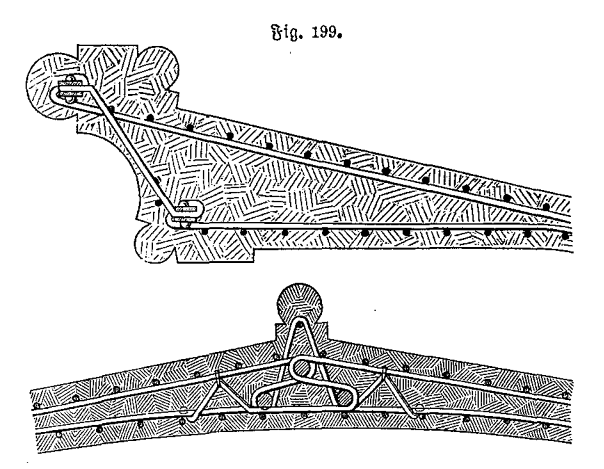
Bei einer in Fig. 198 dargestellten und auf ihre Tragfähigkeit untersuchten Monier-Wand von 3,50 m Spannweite und 3,50 m Höhe bestand das Netz aus 6 mm starken Drähten mit 80 mm Maschenweite; in wagerechter Richtung war nach je 10 Drähten ein stärkerer Draht von 10 mm Durchmesser eingelegt, und diese wagerechten Drähte waren nach oben gebogen, so daß die 3 cm starke Wand vollkommen freitragend war. „Unter einer Probebelastung von 10000 kg zeigte die Wand weder Senkungen noch Ausbauchungen, trotzdem Schlitze hineingehauen wurden, um auch die Standfestigkeit der beschädigten Wand zu prüfen.“[1])

1) Deutsche Bauzeitung 1888, S. 549.

1) Das System **Monier** von G. A. Ways.

Stärkere Drähte in lotrechter Richtung sind an solchen Stellen anzulegen, wo die Wände frei endigen oder ihre Richtung ändern. Fig. 199 zeigt solche Konstruktionen (Verstärkungsrippe und Stirnrahmen) von dem vieleckigen Musikpavillon für die Rennbahn in Hoppegarten.

Fig. 199.



Schließen die Monier-Wände an Mauerwerk an, so ist es zweckmäßig, die wagerechten Drähte nach der Schichtenteilung zu richten, damit sie in die Fugen eingebettet werden können; andernfalls ist ein lotrechter Draht an der Mauer anzubringen und mit Krampen zu befestigen. Diese Verbindung im Zusammenhang mit der Haftfestigkeit des Cements an dem Mauerwerk ist ausreichend, daß die Wand sich frei trägt und Unterstützungen durch Unterzüge überflüssig sind, wenn die Wand auf beiden Seiten gegen Mauerwerk stößt, Fig. 200a.

Fig. 200a.

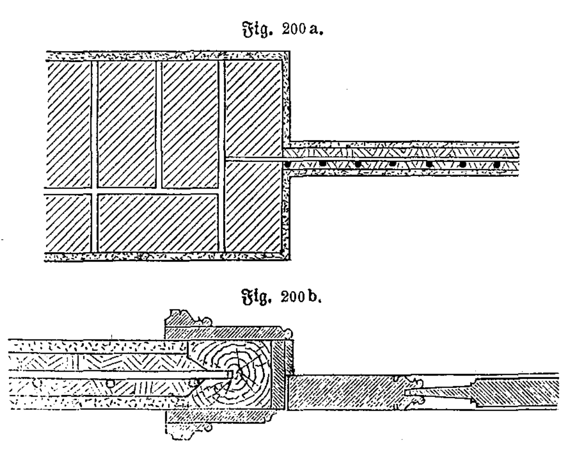


Fig. 200b.

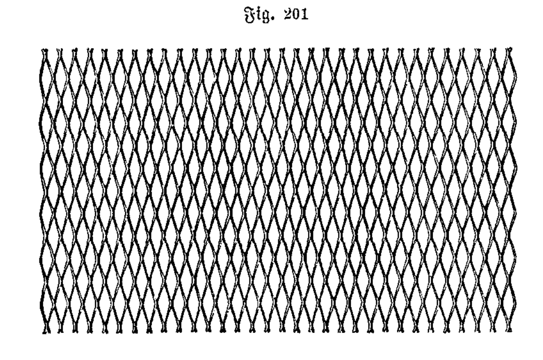
Zur Anbringung von gewöhnlichen Thüren werden vor Ausführung der Cementwand an den entsprechenden Stellen Thürzargen in einer Stärke von etwa 5 cm und einer Breite je nach der Breite der Thürbekleidung aufgestellt. Die Thürzarge erhält ringsum eine dreieckige Nut, in die ein säumender Draht und die Anfänge der wagerechten bezw. der lotrechten Drähte straff eingesetzt werden können, Fig. 200b.

Bei vollständig feuersicheren Wänden ist es nötig, die Thür feuerfest, also als Platte nach System Monier auf Thürangeln mit selbstthätiger Schlußvorrichtung anzuordnen, da bekanntlich einwandige Eisenthüren nicht feuersicher sind, auch durch Erglühen Gegenstände in ihrer Nähe entzünden können.

Statt der bisher besprochenen Ausführungsweise können diese Wände auch aus einzelnen Monier-Platten auf Eisenfachwerk oder aus einzelnen Monier-Hohlsteinen hergestellt werden.

Nach einem von dem Amerikaner J. F. Golding erfundenen Verfahren kann an Stelle der Drahtgeflechte der Monier-Konstruktionen sogenanntes „Streckmetall“ (expanded metal, métal déployé) verwendet werden, das aus Vollblechen ohne Materialverlust durch parallele Einschnitte mit einer scherenartigen Maschine und durch Strecken senkrecht zur Schnittrichtung hergestellt wird. Es entsteht dadurch ein Netzwerk mit rautenförmigen Maschen und schrägen durchgehenden Litzen, Fig. 201, das

Fig. 201



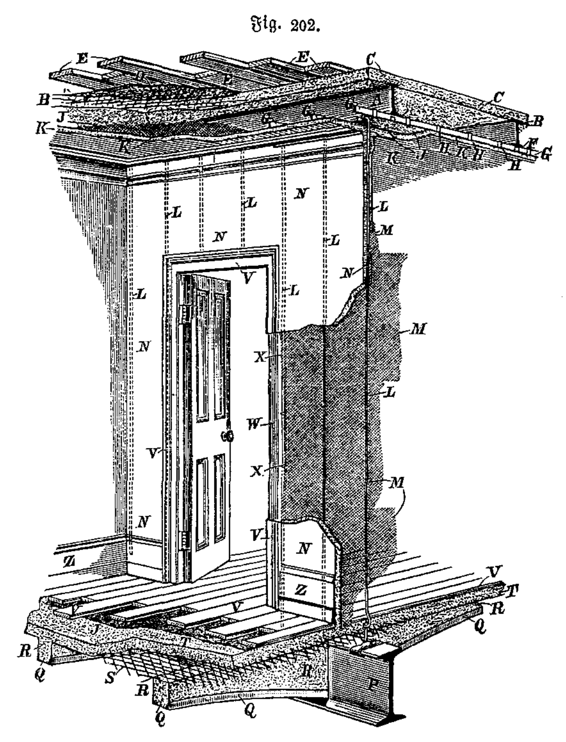
sich also beliebig beschneiden läßt, ohne daß sich die Maschen trennen können. Nach diesem Verfahren lassen sich Metallbleche verschiedener Art verarbeiten; für Bauzwecke kommt Eisen in erster Linie in Betracht, und insbesondere ist Flußeisen von 35—45 kg pro Quadratmillimeter Festigkeit bei 20 Proz. Dehnung hierfür geeignet.

Zur feuersichern Verkleidung von Trägern und Säulen, zur Herstellung von verputzten Wand- und Deckenflächen kommen schwache Bleche und die engste Maschenweite, 10 mm bei 2,5×0,6 mm Litzenstärke, sogen. Verputzblech in Anwendung, das nur 1,6 kg pro Quadratmeter wiegt. Gitter von 75 mm Maschenweite eignen sich vornehmlich zur Einlage in Stampfbetondecken, wobei die Litzen 3 bis 4,5 mm stark und 3—6 mm breit sind. Ein Vorzug dieser Streckmetallplatten ist die große Oberfläche, die Rauhigkeit der Schnittflächen und die Gleichmäßigkeit und Dichtigkeit der Maschen, wodurch die innige Verbindung des Eisens mit dem Stampfbeton befördert und eine gleichmäßige Beschaffenheit der Platte erreicht wird. Die Fabrikation und der Vertrieb des Metalls liegt in Deutsch-

land in der Hand der Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund.

Die mit Streckmetall hergestellten Wände bestehen aus lotrechten ⊏- oder I-Eisen, meistens aber aus Rundeisen, Fig. 202, die oben und unten in Abständen von ca. 30 cm mittels Schrauben, Nägeln oder Klammern, wie es die Umstände erfordern, angebracht werden. An

Fig. 202.



dieses Gerippe wird das Streckmetall mit Hilfe weichen Drahtes befestigt und verputzt, wobei ein Einschalen nicht erforderlich ist. Es wird hierzu Cementmörtel, verlängerter Cementmörtel, oder, was für Wände besonders zu empfehlen ist, sogenannter harter oder Patentmörtel verwendet, der wie Cement abbindet und aus gewöhnlichem Kalkmörtel mit 20 Proz. Gipszusatz und Kuhhaaren besteht.[1])

(Über Hennebique-Konstruktionen siehe Kap. III, § 31.)

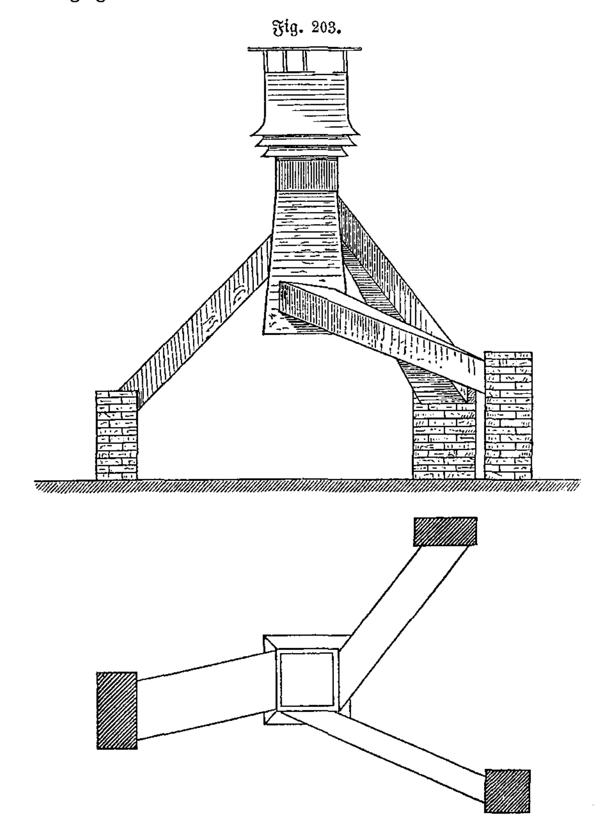
§ 34.
Die Rabitz-Wände
(Kalkmörtel-Eisen-Konstruktionen).

Die nach ihrem Erfinder benannten Rabitz-Wände, die sich bereits einer bedeutenden Verbreitung in Deutschland erfreuen, bestehen aus einem engmaschigen, 2 cm weiten Gewebe von 1—1,1 mm starken verzinkten Eisendrähten, die zwischen 1 cm starken Randdrähten straff eingespannt werden, und einem ca. 5 cm starken Mörtelbewurf aus Gips, Kalk, feinem gewaschenen Kies, Haaren und Leimwasser. Bei großen Wandflächen führt man zur besseren Verspannung von Zeit zu Zeit lotrechte Rundeisen durch; Thüren erhalten 5 cm starke, durch Eisenwinkel befestigte Holzzargen, die außen für ein von der Decke zum Fußboden reichendes 8 mm starkes Rundeisen zum Anbinden des Gewebes halbrund ausgenutet sind.

Als Vorteile der Rabitz-Konstruktionen sind zu bezeichnen: vollständige Feuersicherheit, große Leichtigkeit, rasche Herstellung, schlechtes Wärme- und Schallleitungs-Vermögen, große Anschmiegungsfähigkeit an jede gewünschte Form bei ausreichender Festigkeit; gerühmt wird auch die Preiswürdigkeit der Konstruktionen bei Wegfall sonst notwendiger Hilfskonstruktionen, sowie der Umstand, daß Thür- und Ventilationsöffnungen u. dergl. noch nachträglich ohne Schwierigkeiten angebracht werden können; sie bieten ferner einen absolut verläßlichen Untergrund für die Stuckarbeiten.

Diese Konstruktionen sind wegen ihrer großen Vorzüge bereits bei vielen Bauten in umfassender Weise in Anwendung gekommen.

Fig. 203.



So sind im Neuen Theater in Halle (Architekt H. Seeling in Berlin) die Decken, die Prosceniumslogen in allen ihren Teilen, die Ranglogen-Abteilungs-

1) Bei der Pariser Weltausstellung 1900 sind zur Herstellung von Wänden, Decken und Dächern, namentlich bei den Gebäuden für Bergbau und Hüttenkunde, sowie für Weberei- und Spinnerei-Erzeugnisse gegen 1 Million Quadratmeter Streckmetall zur Verwendung gekommen, siehe Deutsche Bauzeitung 1901, S. 174.

wände, die Fußboden der Ränge, die Rangbrüstungen, große Feuerschutzwände im Coulissenhause, feuersichere Thüren, kleinere Treppen, viele Ventilations- und Heizkanäle u. dergl. m. in Rabitz-Konstruktionen ausgeführt worden.

Im Lessing-Theater in Berlin (Architekten H. v. d. Hude und Hennicke in Berlin) sind sogar der große tragfähige Boden des Parketts, die Bühnenabschlußwand und die Umrahmung der Bühnenöffnung u. dergl. m. nach dem Patente Rabitz ausgeführt.

Die Rabitz-Konstruktionen eignen sich besonders für Innenräume und finden am meisten Anwendung zur Herstellung dekorativer, nicht belasteter Decken, sowie zur feuersicheren Umkleidung von Trägern, Säulen, Rauch- und Lüftungsrohren u. dergl. m.

In welcher Weise z. B. verschiedene Lüftungszüge nach System Rabitz zusammengezogen werden können, zeigt Fig. 203.[1])

IV. Stärke der Mauern.

§ 35.

Allgemeines.

Die Bestimmung der Mauerstärken, die für die Gestaltung, die Haltbarkeit und die Kosten eines Bauwerkes so außerordentlich wichtig ist, ist von einer Menge von Faktoren abhängig, die nicht mit bestimmten Koeffizienten in die Rechnung eingeführt werden können, so daß auf wissenschaftlichem Wege stichhaltige, für die Anwendung brauchbare Werte nicht ermittelt werden können, wie dies für Holz und in noch höherem Grade für Eisen möglich ist. Der Grund liegt in dem Umstande, daß das Mauerwerk aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt und kein gleichartiger Körper ist, wie ein Holzbalken oder ein Eisenstab. Die hier einschlägigen Fragen werden deshalb am sichersten durch die Erfahrung unter Berücksichtigung der besonderen Umstände beantwortet werden.

Die für die Bestimmung der Mauerstärken in Betracht kommenden Faktoren sind folgende:

1. Die Druckfestigkeit des Materials.

Das Eigengewicht der Mauer und die aufzunehmenden Decken- und Dachlasten beanspruchen die einzelnen Mauerschichten auf Druckfestigkeit. Die Tragfähigkeit des Materials auf einfachen Druck ist direkt proportional dem Querschnitte, d. h. wenn 1 qcm im stande ist, eine Belastung von B kg bis zum Bruche zu tragen, so ist die Bruchbelastung eines Körpers von

$$2 \text{ qcm} = 2 \text{ B},$$
$$3 \text{ qcm} = 3 \text{ B},$$
$$\text{q qcm} = \text{q} \,.\, \text{B},$$

wenn q die Querschnittsfläche in Quadratcentimetern bedeutet, wobei vorausgesetzt ist, daß sich der Druck gleichmäßig im Querschnitt verteilt, was der Fall ist, wenn die Resultierende aus dem ganzen Gewicht in der Schwerachse des Mauerdurchschnitts wirkt.

Bezeichnen wir dieses Gewicht mit G, so muß sein:

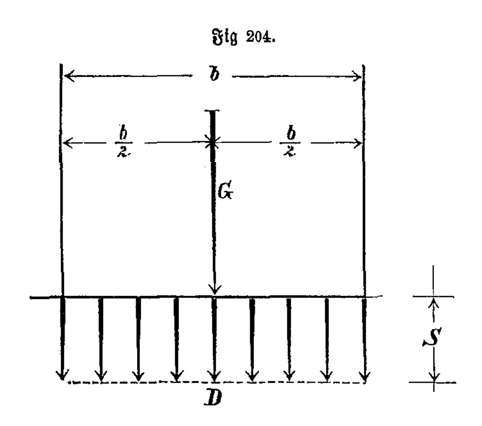
$$G = q \,.\, B.$$

Diese Werte von B (die Bruchfestigkeiten) sind für die verschiedenen Materialien durch Versuche zu ermitteln.

Es ist aber klar, daß die Belastung des Materials nicht bis zu dieser Grenze erfolgen kann, sondern daß mit einer gewissen Sicherheit konstruiert und diese um so größer angenommen werden muß, je ungleichartiger das zu den Konstruktionen verwendete Material ist. Während bei Eisen 4—5fache und bei Holz 10fache Sicherheit genügt, rechnet man bei Steinen und bei Mauerwerk je nach den Umständen 10—50fache Sicherheit.

Bezeichnen wir die für die Ausführung zulässige Belastung — die zulässige Beanspruchung — pro Quadratcentimeter mit S, so lautet die Gleichung, Fig. 204:

Fig. 204.



$$G = q \,.\, S \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

zur Berechnung der Tragfähigkeit eines gegebenen Querschnittes.

Hieraus

$$q = \frac{G}{S} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

zur Berechnung der notwendigen Querschnittsfläche bei gegebener Belastung, und

$$S = \frac{G}{q} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

zur Berechnung des Druckes pro Quadratcentimeter bei gegebener Belastung und gegebenem Querschnitt.

---

1) Nach einer vom Erfinder zur Verfügung gestellten Zeichnung.

Die folgende Tabelle giebt Mittelwerte für die Bruchfestigkeit und die zulässige Beanspruchung der verschiedenen Steine und Mauerwerkskörper in Kilogrammen pro Quadratcentimeter (kg pro qcm).[1])

Material	Bruchbelastung kg	Zulässige Beanspruchung kg
1. Porphyr und Granit . . .	770—2400	30—50
2. Marmor, je nach Struktur und Aderung	500—1500	10—25
Desgleichen in Säulen und dünnen Pfeilern (wegen der großen Ungleichheit des Materials) . .	—	5—10
3. Sand- und Kalksteine in Quadermauerwerk und in einzelnen Werkstücken	360—1200	15—30
Desgleichen in Säulen und dünnen Pfeilern	—	10—20
4. Bestes Schichtenmauerwerk in guten lagerhaften Steinen:		
a) Kalkmörtel	—	8—10
b) Cementkalkmörtel	—	11—12
5. Gewöhnliches gutes Bruchsteinmauerwerk in Sand- und Kalksteinen:		
a) Kalkmörtel	—	4—5
b) Cementkalkmörtel	—	7—9
6. Ziegelmauerwerk:		
a) Gewöhnliche Backsteine mit einer Druckfestigkeit von 75—130 kg pro qcm in Kalkmörtel	—	3—6
b) Gewöhnliche Backsteine (Maschinensteine) mit einer Druckfestigkeit von 130 bis 200 kg pro qcm in Kalkmörtel	—	7—8
Desgl. in Cementkalkmörtel	—	9—11
c) Bessere Backsteine, Mittelbrand, mit einer Druckfestigkeit von 200—280 kg pro qcm in Kalkmörtel . .	—	9—11
Desgl. in Cementkalkmörtel	—	11—14
d) Beste Klinker, mit einer Druckfestigkeit von 280 bis 440 kg pro qcm in Cementmörtel	—	14—20
7. Beton, s. hierüber Kap. I, § 32.		

1) Siehe Resultate der Prüfung der wichtigsten Bausteine des Großherzogtums Baden, Karlsruhe 1887 und 1888. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der techn. Hochschule München. Zeitschrift für Bauwesen 1880. Handbuch der Architektur, III. Teil, I. und II. Band. Deutsche Bauzeitung 1889. **Böhme**, Die Festigkeit der Baumaterialien, Berlin 1876. **Müller**, Festigkeitslehre, Berlin 1875.

Die geringe zulässige Beanspruchung des Mauerwerks gegenüber der hohen Druckfestigkeit der Steine erklärt sich daraus, daß das Mauerwerk weniger fest ist als der Stein für sich, was durch die Erfahrung bestätigt wird.[1]) So betrug nach **Bauschingers** Versuchen[2]) die Bruchfestigkeit von Würfeln aus:

1. Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Teil Perlmooser Portlandcement und 3 Teilen Isarsand pro Quadratcentimeter 95 kg.
2. Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Teil Perlmooser hydraulischem Kalk und 3 Teilen Isarsand pro Quadratcentimeter 61 kg.
3. Ziegelmauerwerk aus gewöhnlichem Luftmörtel von 1 Teil Kalk und 3 Teilen Isarsand pro Quadratcentimeter 51 kg.

Bei den baupolizeilichen Prüfungen werden fast überall der Berechnung der Baukonstruktionen die folgenden Werte zu Grunde gelegt:

Granit	45 kg	Druck pro qcm
Sandsteine	15—30 „	„ „ „
Rüdersdorfer Kalksteine in Quadern	25 „	„ „ „
Kalksteinmauerwerk in Kalkmörtel	5 „	„ „ „
Gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel	7 „	„ „ „
Ziegelmauerwerk in Cementmörtel	11 „	„ „ „
Bestes Klinkermauerwerk in Cementmörtel	12—14 „	„ „ „
Mauerwerk aus porösen Steinen	3—6 „	„ „ „
Guter Baugrund	2,5 „	„ „ „

Bei Aufstellung der Formel (1) wurde angenommen, daß die Resultierende aus den Gewichten in der Schwerachse des Mauerquerschnitts wirkt. Häufiger tritt der Fall ein, daß die Resultierende aus allen Belastungen — dem Mauergewichte, den Stockwerksgebälken mit ihren veränderlichen Lasten, dem Gewichte des Daches, dem Winddruck u. s. w. — seitlich von der Schwerachse des Querschnitts angreift, in welchem Fall die Druckverteilung in der Querschnittsfläche nicht mehr gleichmäßig ist. Vielmehr nimmt der Druck nach der dem Angriffspunkte der Mittelkraft näher liegenden Kante zu und nach der entfernter liegenden Kante ab, und zwar so, daß die Endpunkte der nach einem beliebigen Maßstabe graphisch angetragenen Druckspannungen in einer geraden Linie A B liegen, Fig. 205, die durch den Durchschnittspunkt D der Mauermittellinie mit der Schlußlinie der in demselben Maßstabe angetragenen gleichmäßig verteilten Druckspannung S hindurchgeht.

1) Siehe **Böhme**, Die Festigkeit der Baumaterialien, Berlin 1876.

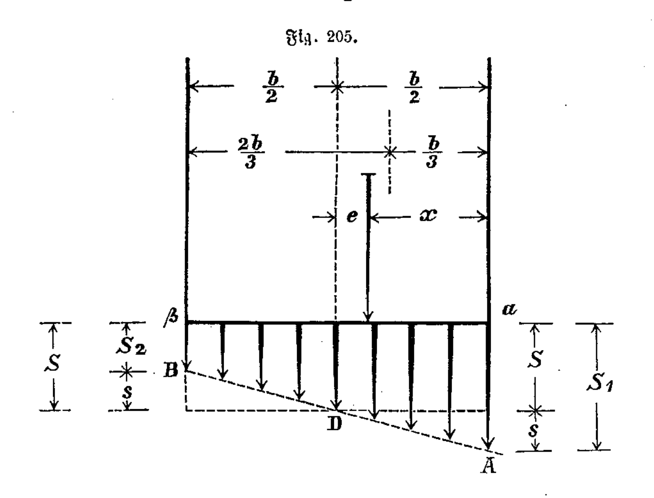
2) Siehe Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der techn. Hochschule in München, 1873.

Es wird dann:

$$S = \frac{G}{q} \qquad \text{(s. Formel (3))}$$

$$s = \frac{6\,e\,G}{q\,.\,b}\,,$$ [1]

Fig. 205.



worin b die Dicke der Mauer bedeutet, und somit:

$$S_1 = S + s = \frac{G}{q}\left(1 + \frac{6\,e}{b}\right) \quad . \; . \; . \quad (4)$$

$$S_2 = S - s = \frac{G}{q}\left(1 - \frac{6\,e}{b}\right) \quad . \; . \; . \quad (5)$$

Es sind dabei die folgenden drei Fälle zu unterscheiden:

a) Es ist, Fig. 207, $e = \frac{b}{6}$, d. h. der Angriffspunkt der Mittelkraft liegt in der Entfernung $x = \frac{b}{3}$ von der Mauerkante α; in den Gleichungen (4) und (5) wird der Ausdruck

$$\frac{6\,e}{b} = \frac{6}{b} \cdot \frac{b}{6} = 1, \text{ mithin:}$$

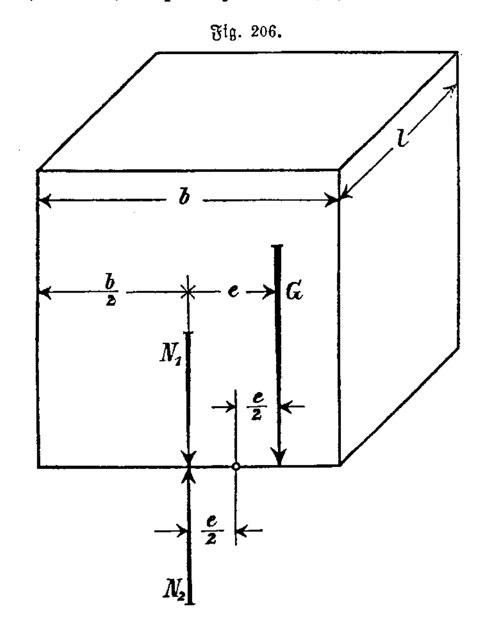
$$S_1 = \frac{G}{q}(1 + 1) = 2 \cdot \frac{G}{q} = 2\,S \quad . \; . \; . \quad (6)$$

$$S_2 = \frac{G}{q} \cdot (1 - 1) = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Fig. 207.

1) G greife in der Entfernung e von der Mittellinie an, Fig. 206; bringt man in der Mitte zwei gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kräfte $N_1 = N_2 = G$ an, so wird an dem Gleich-

Fig. 206.



gewichtszustande nichts geändert. Die in der Mitte wirkende Kraft $N_1 = G$ bringt in dem ganzen Querschnitte nach Formel (3) eine gleichmäßig verteilte Druckspannung hervor:

$$S = \frac{N_1}{l\,b} = \frac{G}{q}.$$

Die beiden anderen Kräfte G und $N_2 = G$ bilden ein Kräftepaar, dessen Moment wird:

$$M = G \cdot \frac{e}{2} + G \cdot \frac{e}{2} = G \cdot e.$$

Durch dieses Moment wird der Querschnitt $q = l\,.\,b$ auf Biegung beansprucht; nach den Formeln für Biegungsbeanspruchung wird aber das Biegungsmoment, wenn T das Trägheitsmoment des Querschnittes, s die größte Beanspruchung und a die Entfernung der äußersten Kante von der Schwerachse bedeutet:

$$M = \frac{T}{a} \cdot s$$

und somit $$s = \frac{M\,a}{T} = \frac{G\,.\,e\,.\,a}{T}.$$

Für den Rechteckquerschnitt ist:

$$T = \frac{l\,.\,b^3}{12} \text{ und } a = \frac{b}{2},$$

somit $$s = \frac{G\,.\,e\,.\,\frac{b}{2}}{\frac{l\,b^3}{12}} = \frac{6\,G\,e}{l\,b^2}.$$

Da aber $l\,.\,b = q$, so ist:

$$s = \frac{6\,G\,.\,e}{q\,.\,b}, \text{ wie oben.}$$

Es wird somit die Spannung in der Kante α doppelt so groß wie bei gleichmäßiger Druckverteilung, wogegen die Spannung in der Kante β Null wird. Bei dieser Lage des Angriffspunktes verteilt sich der Druck gerade noch über die ganze Fläche, und es ist überall Druckspannung vorhanden. Solange also die Mittellinie des Druckes im mittleren Drittel des Querschnitts, dem sogenannten Kernstück, verbleibt, findet noch eine Druckverteilung auf die ganze Querschnittsfläche statt.

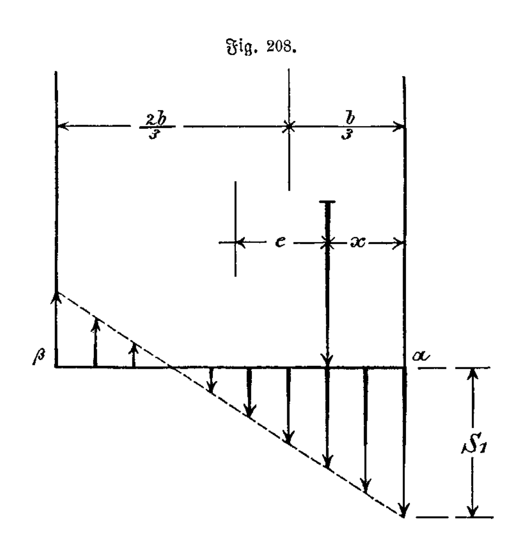
b) Es ist $e < \frac{b}{6}$, so daß der Angriffspunkt noch im mittleren Drittel des Querschnitts verbleibt, Fig. 205.

Der Ausdruck $\frac{6\,e}{b}$ wird kleiner als 1, mithin:

$$s < S,$$

so daß S_2 noch eine mehr oder weniger große Druckspannung ergiebt; die Druckfigur wird ein Trapez.

Fig. 208.



c) Es ist $e > \frac{b}{6}$, Fig. 208, d. h. die Entfernung x des Angriffspunktes von der Kante α kleiner als $\frac{b}{3}$, so daß die Mittelkraft aus dem mittleren Drittel, dem Kernstück, heraustritt. Der Ausdruck $\frac{6\,e}{b}$ wird somit größer als 1, und deshalb $S_2 = \frac{G}{q}\left(1 - \frac{6\,e}{b}\right)$ negativ, d. h. auf der linken Seite des Mauerquerschnitts tritt eine aufwärts gerichtete Kraft, eine Zugbeanspruchung auf. Da das Mauerwerk aber in frischem Zustande keine, und in erhärtetem Zustande nur geringe Zugbeanspruchungen aufzunehmen im stande ist, so ist dieser auf Zug beanspruchte Querschnittsteil als spannungslos anzusehen, bez. es ist die Mauer rechts von der Mittelkraft um soviel zu verstärken, daß der Angriffspunkt doch mindestens noch im Rande des Kernstücks verbleibt, um eine Druckverteilung über den ganzen Querschnitt zu erreichen.

Einige Beispiele mögen den Gang der Rechnung erläutern:

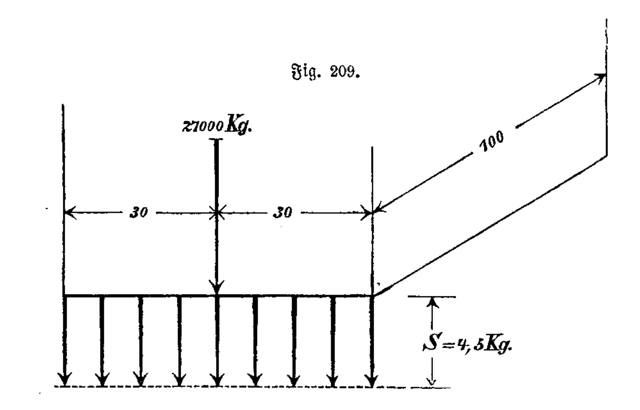
1. Das Gewicht greife in der Mitte an, Fig. 209.

Somit ist: $e = 0$.

Es sei: $G = 27\,000$ kg.

$$\left.\begin{array}{l} b = 60 \text{ cm} \\ l = 100 \text{ cm} \end{array}\right\} q = 100 . 60 = 6000 \text{ qcm.}$$

Fig. 209.

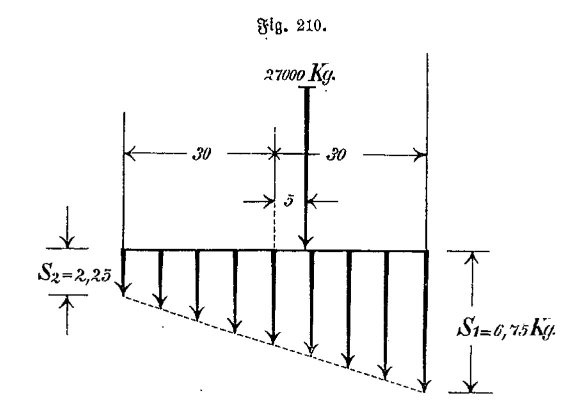


Dann wird:

Formel (3). $S = \frac{G}{q} = \frac{27\,000}{6000} = 4{,}5$ kg Druck.

2. Der Angriffspunkt liege nicht in der Mitte, aber noch im Kernstück, Fig. 210.

Fig. 210.



Es sei:

$e = 5$ cm,

$G = 27\,000$ kg,

$q = 6000$ qcm (wie zuvor).

Formel (4): $S_1 = \frac{27\,000}{6000}\left(1 + \frac{6 . 5}{60}\right) = 6{,}75$ kg Druck.

Formel (5): $S_2 = \frac{27\,000}{6000}\left(1 - \frac{6 . 5}{60}\right) = 2{,}25$ kg Druck.

3. Der Angriffspunkt liege am Rande des Kernstückes, Fig. 211.

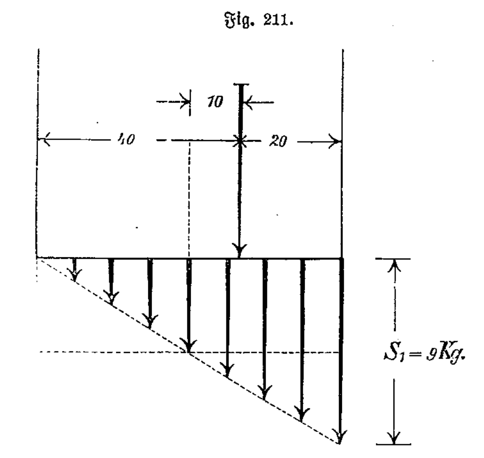
Es sei:

$$e = \frac{b}{6} = 10 \text{ cm},$$
$$G = 27\,000 \text{ kg},$$
$$q = 6000 \text{ qcm},$$

Formel (6): $S_1 = 2 \cdot \frac{27\,000}{6000} = 9$ kg Druck.

Formel (7): $S_2 = 0$.

Fig. 211.

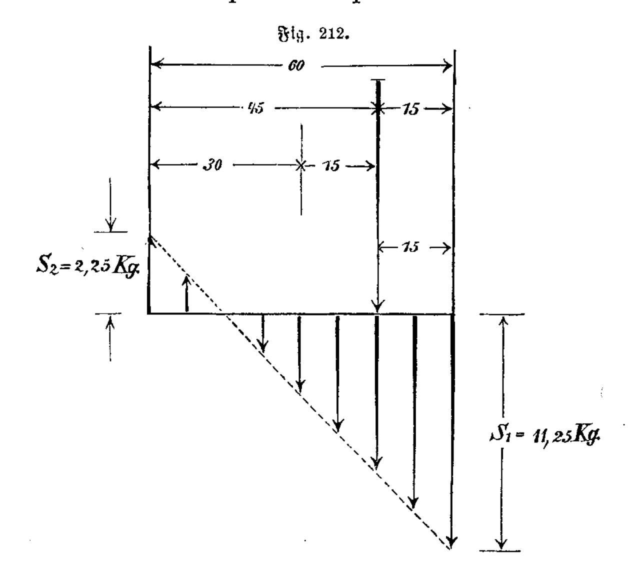


Nach der gegebenen Tabelle ist für gewöhnliches Backsteinmauerwerk in Cementkalkmörtel eine Beanspruchung von 9 kg zulässig. Die Mauer ist somit genügend stark und es verteilt sich der Druck auch noch über die ganze Querschnittsfläche.

4. Der Angriffspunkt liege außerhalb des Kernstückes, Fig. 212, und es sei:

$$b = 60 \text{ cm},$$
$$e = 15 \text{ cm},$$
$$G = 27\,000 \text{ kg},$$
$$q = 6000 \text{ qcm}.$$

Fig. 212.



Formeln (4) und (5):

$$S_1 = \frac{27\,000}{6000}\left(1 + \frac{6 \cdot 15}{60}\right) = 11{,}25 \text{ kg (Druck)}.$$

$$S_2 = \frac{27\,000}{6000}\left(1 - \frac{6 \cdot 15}{60}\right) = -\,2{,}25 \text{ kg (Zug)}.$$

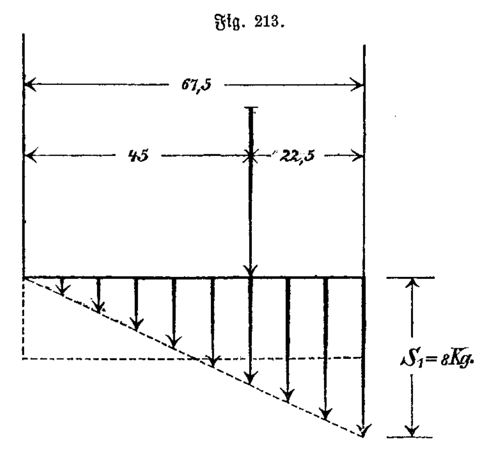
Um die Zugspannung zu beseitigen und die Druckbeanspruchung noch auf den ganzen Mauerquerschnitt zu verteilen, muß die Mauer nach rechts um soviel verstärkt werden, daß der Angriffspunkt der Last in den Rand des Kernstückes fällt, d. h. x muß $= 1/3$ der Mauerdicke oder $1/2$ des Abstandes von der linken Kante werden, somit:

$$x = \frac{45}{2} = 22{,}5 \text{ cm},$$
$$b = 45 + 22{,}5 = 67{,}5 \text{ cm},$$
$$l = 100 \text{ cm},$$
$$q = 100 \cdot 67{,}5 = 6750 \text{ qcm}.$$

Somit nach Formel (6), Fig. 213:

$$S_1 = 2 \cdot \frac{G}{q} = 2 \cdot \frac{27000}{6750} = 8 \text{ kg Druck}.$$
$$S_2 = \pm\, 0.$$

Fig. 213.



Diese Beanspruchung ist zulässig und der Druck ist nunmehr auf die ganze Querschnittsfläche verteilt.

Soll die Größe einer Fundamentsohle, die den Druck auf den Baugrund zu übertragen hat, berechnet werden, so sind dieselben Formeln zu benutzen unter Berücksichtigung, daß guter Baugrund nur mit 2,5 kg pro Quadratcentimeter oder 25 000 kg pro Quadratmeter belastet werden darf.

Beispiel 1. Ein Mauerpfeiler von 70×70 cm Querschnitt übertrage ein Gewicht von 30 000 kg auf den Baugrund; der Angriffspunkt der Mittelkraft liege in der Achse, und es soll die Sohlengröße berechnet werden, Fig. 214.

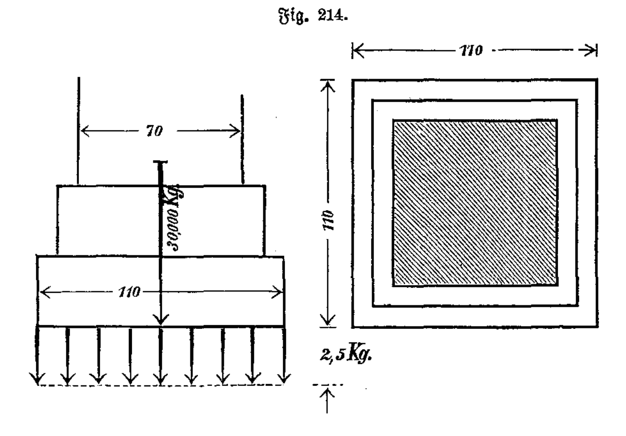
Es ist:

$$G = 30\,000 \text{ kg},$$
$$q = x \cdot x = x^2,$$
$$S = 2{,}5 \text{ kg}.$$

Formel (2): $x^2 = \frac{G}{S} = \frac{30000}{2{,}5}$,

somit $x = 110\,\text{cm}.$

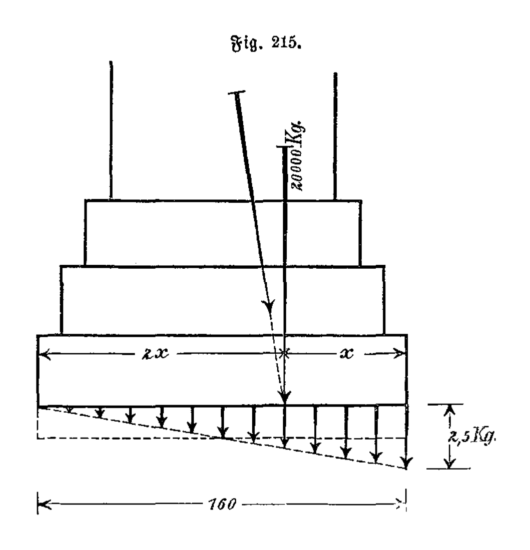
Fig. 214.



Um die Last auf diese Sohlenfläche zu übertragen, ist das Sohlenmauerwerk in nicht zu breiten Absätzen anzulegen (siehe § 38).

Beispiel 2. Ein Mauerkörper, Fig. 215, übertrage auf den Baugrund auf je 100 cm Länge eine Last von 20000 kg.[1]) Die Mittelkraft greife nicht in der Mitte

Fig. 215.



an, soll aber höchstens im Rande der Kernfläche liegen, damit noch eine Druckverteilung auf die ganze Sohlenfläche erfolge. Dann ist:

die Mauerdicke $b = 3\,x$,
die Mauerlänge $l = 100$ cm,
somit Querschnitt $q = 300\,x$,
Belastung $G = 20000$ kg,
Bodendruck $S_1 = 2{,}5$ kg pro qcm.

1) In diesen Gewichten G ist selbstverständlich das Eigengewicht des Mauerkörpers mit inbegriffen.

Formel (6): $S_1 = 2 . S = 2 \frac{G}{q}$

$$2{,}5 = 2 . \frac{20000}{300\,x}$$

$$x = 53 \text{ cm.}$$

$$b = 3 . 53 = \text{rund } 160 \text{ cm.}$$

Damit der größte Kantendruck das zulässige Maß von 2,5 kg nicht überschreite, ist somit eine Sohlenbreite von 160 cm erforderlich.

Beispiel 3. Der Angriffspunkt der Mittelkraft liege innerhalb des Kernstückes, und es sei (Fig. 205):

$e = 10$ cm,
$b = 120$ cm, $l = 100$ cm $\Big\}$ $q = 120 . 100 = 12000$ qcm,
$G = 20000$ kg.

Formel (4): $S_1 = \frac{20000}{12000}\left(1 + \frac{6 . 10}{120}\right) = 2{,}49$ kg Druck.

Formel (5): $S_2 = \frac{20000}{12000}\left(1 - \frac{6 . 10}{120}\right) = 0{,}83$ kg Druck.

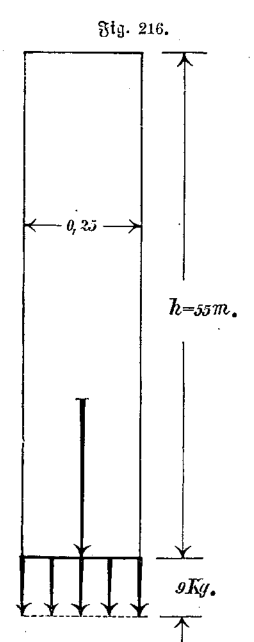
Bei allen Gebäuden, bei denen die Belastungen sehr ungleich verteilt sind (z. B. bei Kirchtürmen im Anschluß an die Mauern des Langhauses, bei stark belasteten Gewölbepfeilern u. dergl. m.), ist es dringend erforderlich, die Sohlenbreiten so zu bestimmen, daß überall ein möglichst gleich großer, das zulässige Maß nicht überschreitender Bodendruck vorhanden ist, da sonst ungleiche Setzungen und dadurch Risse und Sprünge in den Mauern und Decken eintreten müssen, die die Gefahr des Einsturzes im Gefolge haben können.

Bei den vorstehenden Untersuchungen ist angenommen, daß die Steine überall nur auf einfachen Druck beansprucht werden; dies setzt aber voraus, daß sie auf ihre ganze Lagerfläche unterstützt, also sorgfältig in Mörtel eingebettet sind. Liegen die Steine teilweise hohl, so wird nicht ihre Druck-, sondern ihre Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen, die verhältnismäßig klein ist, so daß sie leicht und um so schneller zerbrechen, je größer die Länge im Verhältnis zur Dicke ist, und hierauf stützen sich die früher als die passendsten angegebenen Verhältniszahlen für die Abmessungen der Läufer und Binder aus Werksteinen, und die Angaben über die Art der Einbettung in Mörtel.

Die Gefahr des Zerbrechens ist ferner dann besonders groß, wenn der Stein zwei aus ungleichartigen Materialien bestehende Mauerteile verbinden soll, wie es z. B. immer mit den Bindersteinen bei einer Mauer der Fall ist, die im Innern aus Back- oder Bruchsteinen besteht und außerhalb mit Werkstücken verkleidet ist, und zwar in um so höherem Grade, je länger die Binder sind. Aber wenn auch die Binder dem Zerbrechen widerstehen, so findet man doch oft

eine Destruktion solcher Mauern auf die Art bewirkt, daß die Werksteinverkleidung mehr oder weniger ausgebaucht ist. Dieser Umstand erklärt sich leicht dadurch, daß die Werksteinbekleidung, da sie der Verkürzung der Hintermauerung infolge der stärkeren Setzung nicht folgen kann, nach außen ausweichen mußte.

Fig. 216.



Bei den gewöhnlichen Hochbauten werden Berechnungen der Mauerstärke nach der Druckfestigkeit des Materials selten notwendig werden, da die mit Rücksicht auf andere Faktoren zu wählenden Abmessungen gewöhnlich so groß werden, daß die Druckfestigkeit des Materials nicht ausgenutzt wird. Denn wenn wir untersuchen, wie hoch eine Mauer werden muß, bis in der untersten Mauerschicht die zulässige Beanspruchung erreicht wird, so ergiebt sich, Fig. 216, Formel (1):

$$G = q \, . \, S.$$

Für eine 1 Stein starke Backsteinmauer von 100 cm Länge, der Höhe h und einem Gewichte pro Kubikmeter von 1600 kg ist:

Belastung $G = 0{,}25 \, . \, 1{,}00 \, . \, h \, . \, 1600 = 400 \, h.$

Querschnitt $q = 0{,}25 \, . \, 1{,}00 = 0{,}25$ qm.

Zulässige Beanspruchung $S = 9$ kg pro Quadratcentimeter, mithin $9 \, . \, 100 \, . \, 100 = 90\,000$ kg pro Quadratmeter,

somit Gesamtlast: $400 \, h = 0{,}25 \, . \, 90\,000$, nach Formel (1), und hieraus: $h = 55$ m.

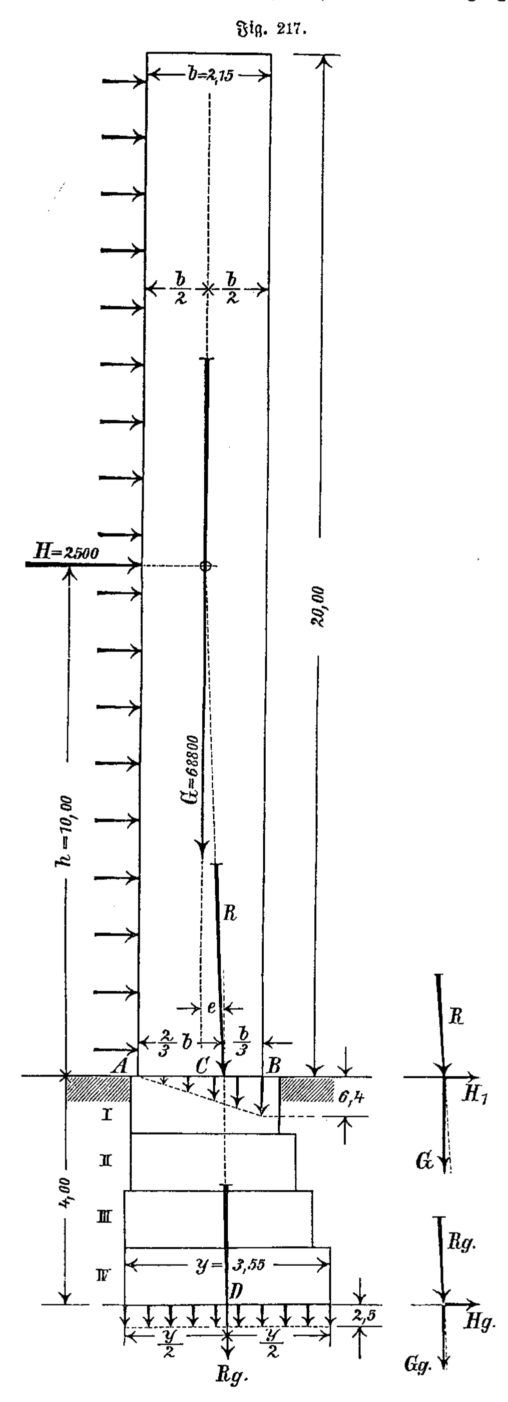
Es ist augenscheinlich, daß eine 1 Stein starke Backsteinmauer von dieser Höhe keine Standfestigkeit besitzt, und wir haben deshalb weiter in Betracht zu ziehen:

2. Die Sicherheit gegen Umkippen, die Standfestigkeit.

Die Mauer wird Standfestigkeit gegen seitlich angreifende Kräfte besitzen, wenn sie sowohl gegen ein Umkippen, als auch gegen Verschieben auf der Aufstandsfläche gesichert ist. Als seitlich angreifende Kräfte sind zu betrachten, der Winddruck, der Gewölbeschub (der bei der Untersuchung der Widerlager eingehend zu besprechen ist) und seitlich von der Schwerachse wirkende (excentrische) lotrechte Belastungen, die Zerknickungsspannungen in dem Mauerkörper hervorrufen und ungleichmäßige Lastverteilungen bewirken.

Nehmen wir (Fig. 217) an, daß eine ganz freistehende Mauer durch den Winddruck beansprucht werde, so können wir diesen in einer Resultierenden H vereinigen, die in der wagerechten Schwerachse der beanspruchten Mauerfläche angreift und mit dem im Schwerpunkte vereinigt gedachten

Fig. 217.



Eigengewichte G der Mauer die Resultierende R bildet. Diese durchschneidet bei C die Basis AB und läßt sich in eine Vertikal- und eine Horizontalkomponente zerlegen. Die Vertikalkomponente ist gleich dem Gewichte G und wirkt auf Pressung, die Horizontalkomponente ist gleich dem Winddruck H und wirkt auf Verschieben (Abscheren). Soll

Gleichgewicht vorhanden sein, so muß die Summe der Momente auf den Durchgangspunkt C Null sein, d. h.

$$G . e = H . h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

und somit: $e = \frac{H . h}{G}$.

Soll die Druckverteilung noch auf die ganze Basisbreite AB stattfinden, so muß der Durchgangspunkt C im Kernstück liegen, so daß höchstens

$$e = \frac{b}{6}$$

sein darf. Es wird dann:

$$\frac{b}{6} = \frac{H . h}{G}$$

und somit die Mauerstärke:

$$b = \frac{6 . H . h}{G} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Der größte Druck liegt in der Kante B und wird nach Formel (6):

$$S_1 = 2 \frac{G}{q}.$$

Die Horizontalkomponente H_1 beansprucht die Mauer auf Abscheren; bezeichnet μ den Reibungskoeffizienten des Materials, so muß sein:

$$H_1 = \mu . G.$$

Nimmt man eine n fache Sicherheit an, so wird:

$$H_1 = \frac{\mu . G}{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

$$n = \frac{\mu . G}{H_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

n soll wenigstens = 3 sein.

Für Mauerwerk auf Mauerwerk wird:

$$\mu = 0{,}57$$

und für Mauerwerk auf Baugrund:

$$\mu = 0{,}36.$$

Für die graphische Ermittelung darf der Reibungswinkel der Resultierenden R mit dem Lote für Mauerwerk auf Mauerwerk 30° und für Mauerwerk auf Baugrund 20° nicht übersteigen. Der Winddruck wird erfahrungsgemäß zu 125 kg pro Quadratmeter normal getroffener Fläche angenommen. Hiernach können die Mauerstärken in Bezug auf ihre Standfestigkeit in einfacher Weise berechnet werden.

Beispiel. Es sei (Fig. 217) die Stärke b einer 20 m hohen freistehenden Mauer zu bestimmen, unter der Annahme, daß das Mauerwerk aus gewöhnlichen Backsteinen mit Kalkmörtel hergestellt sei (Druckfestigkeit 7 kg pro Quadratcentimeter). Das Gewicht pro Kubikmeter Mauerwerk ist 1600 kg. Die Größe des Winddruckes beträgt für einen 1 m breiten Streifen:

$$H = 20 \quad 1 . 125 = 2500 \text{ kg}.$$

Das Mauergewicht desgleichen:

$$G = (20 . 1 . b) \, 1600 = 32\,000 \text{ b}.$$

Es ist: $e = \frac{b}{6}$

$$h = 10 \text{ m}.$$

Nach Formel (9): $b = \frac{6 . 2500 . 10}{32\,000 \text{ b}}$.

$$b^2 = 4{,}7$$

$$b = 2{,}15 \text{ m},$$

somit: $G = 32\,000 . 2{,}15 = 68\,800$ kg.

Würde die Drehung stattfinden, so könnte sie nur um die Kante B erfolgen und die Momente wären:

$$G . \frac{b}{2} = 68\,800 . 1{,}07 = 73\,616 \text{ kg/m}.$$

$$H . h = 2500 . 10 = 25\,000 \text{ kg/m}.$$

Das Moment aus dem Mauergewichte ist somit beinahe dreimal so groß wie jenes aus dem Winddrucke, d. h. es ist nahezu 3 fache Sicherheit gegen Umkippen vorhanden. Für die größte Druckspannung ergiebt sich, da

$$q = 2{,}15 \text{ qm},$$

nach Formel (6): $S_1 = 2 . \frac{68\,800}{2{,}15} = 64000$ kg pro qm

oder 6,4 kg pro qcm.

Da 7 kg zulässig sind, so ist die Mauer auch gegen Druck sicher.

In Bezug auf Abscheren wird nach Formel (11):

$$n = \frac{0{,}57 . 68\,800}{2500} = \sim 15.$$

Es ist somit 15 fache Sicherheit gegen Abscheren vorhanden.

Der Druck pflanzt sich im Fundamentmauerwerk fort, derart, daß die Mittelkraft R mit den jeweils neu hinzutretenden Gewichten I, II, III und IV Resultierende bildet (die nach dem Parallelogramm der Kräfte leicht ermittelt werden können), woraus sich schließlich die Schlußresultierende R_g ergiebt, die sich beim Eintritt D in den Baugrund wieder in die beiden Komponenten G_g gleich dem Gesamtgewichte und H_g gleich dem Winddrucke zerlegt. Das Fundament soll, wenn irgend möglich, so angeordnet werden, daß der Druck in der Sohlenmitte in den Baugrund übertritt, um eine gleichmäßige Pressung des Baugrundes zu erreichen. Nehmen wir die Fundamenttiefe zu 4,00 m, die mittlere Fundamentstärke zu 3,00 m an, so ergiebt sich das Gewicht des Fundamentmauerwerks:

$$G_f = 3 . 4 . 1600 = \sim 20\,000 \text{ kg}.$$

Es ist alsdann das Gesamtgewicht:

$$Gg = G + Gf = 68\,800 + 20\,000 = 88\,800 \text{ kg}.$$

S für guten Baugrund = 25 000 kg/qm.

Querschnitt $q = y \cdot 1 = y$ qm,

somit nach Formel (3):

$$y = \frac{88\,800}{25\,000} = 3{,}55 \text{ m Sohlenbreite.}$$

Gegen Abscheren ergiebt sich nach Formel (11):

$$n = \frac{0{,}36 \cdot 88\,800}{2500} = \backsim 13\text{fache Sicherheit.}$$

Wird eine Mauer in Absätzen angelegt, so wird zunächst die Stärke und Kantenpressung für den obersten Absatz in der angegebenen Weise bestimmt, alsdann aus der Resultierenden des obersten Absatzes, dem auf den zweiten Absatz wirkenden Winddruck und dem Gewichte des zweiten Absatzes für diesen in derselben Art die Stärke und die Kantenpressung ermittelt u. s. w.

Für das soeben berechnete Beispiel ergab sich in Bezug auf die Kante B eine nahezu dreifache Standsicherheit. Bezeichnen wir den Sicherheitsgrad allgemein mit n, so ergiebt sich für die Drehkante B die Momentengleichung:

$$G \cdot \frac{b}{2} = n \cdot H \cdot h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

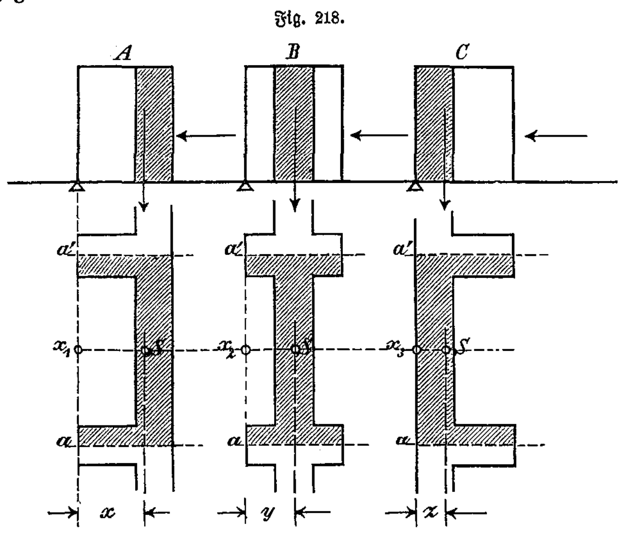
Für eine gegebene Mauer ist der Wert $n \cdot H \cdot h$ konstant, der Wert $G \cdot \frac{b}{2}$ dagegen ist veränderlich und abhängig von der Größe des Hebelarmes $\left(\frac{b}{2}\right)$ und dem Mauergewicht G.

3. Die Form und die Gestalt der Mauer.

Da die Standfestigkeit einer Mauer abhängig ist von der Größe des Hebelarmes, an dem das Mauergewicht wirkt (wie wir soeben sahen), d. h. zunimmt mit wachsendem und abnimmt mit abnehmendem Hebelarme, so wird, gleiche Querschnittsgröße und somit gleichen Materialaufwand vorausgesetzt, die Standfestigkeit einer Mauer erhöht werden, wenn man von der gewöhnlichen rechteckigen Querschnittsform abgeht und sie nach oben hin verjüngt, und zwar muß die Verjüngung der Richtung der Seitenkraft abgekehrt sein. Es wird dadurch die Aufstandsfläche verbreitert und der Hebelarm vergrößert. Die Verjüngung kann durch Mauervorsprünge, Abtreppungen und durch Böschungen erreicht werden. Fig. 217 zeigt im Fundamentmauerwerk solche Abtreppungen, die durch eine „Böschung" ersetzt werden könnten.

Das beste Mittel zur Erhöhung der Standfestigkeit, namentlich bei langen Mauern, wodurch zugleich eine wesentliche Materialersparnis erreicht werden kann, bieten die Mauervorsprünge in passenden Abständen: die Pfeilervorlagen oder die Strebepfeiler. Deren Entfernungen müssen so gewählt werden, daß der Mauerverband und die Bindekraft des Mörtels ausreichen, um die selbständige Bewegung der zwischen den Strebepfeilern liegenden Mauerfelder — der Mauerschilder — zu verhüten. Als Drehungskante kann dann die dem Angriffe der Kraft entgegengesetzt liegende Außenkante der Strebepfeiler angenommen werden, Fig. 218.

Fig. 218.



In Bezug auf die vorteilhafteste Lage des Vorsprungs der Strebepfeiler sind die in Fig. 218 dargestellten drei Fälle zu unterscheiden. Bestimmt man die gemeinschaftlichen Schwerpunkte eines Pfeilers mit den beiderseits anschließenden halben Mauerfeldern, so ergeben sich die Hebelarme x, y und z und mithin die Momente:

$$G \cdot x, \quad G \cdot y \text{ und } G \cdot z,$$

da die Mauermassen in allen 3 Fällen gleich groß angenommen sind. Die Stabilitätsmomente der Mauern A, B und C verhalten sich mithin wie

$$x : y : z,$$

oder annäherungsweise wie 9 : 6 : 4.

In den Fällen, in denen die Seitenkraft auf die ganze Mauerfläche wirkt, wie z. B. der Wind- oder der Erddruck, ist die Anordnung A unbedingt die vorteilhafteste. Wo aber die in erster Linie in Betracht kommende Seitenkraft, wie z. B. der Gewölbeschub bei Kirchenbauten, nur in den Strebepfeilern wirkt und nicht über die ganze Fläche verteilt ist, können häufig die in diesem Fall statisch gleich guten Anordnungen B und C in formaler und zweckmäßiger Beziehung den Vorzug verdienen. Thatsächlich zeigen insbesondere die Hallenkirchen diese Anordnungen, wo dann der zwischen den weit einspringenden Pfeilern sich ergebende Raum zur Anlage von Seitenkapellen verwendet wird. Eine Berechnung der Mauerfelder gegen Winddruck wird bei diesen Bauten selten notwendig werden, da die nach anderen Rücksichten bestimmte Stärke

dieser „raumumschließenden" Mauern zwischen den verhältnismäßig nahe bei einander stehenden Strebepfeilern mehr als genügend ist, um den Winddruck mit völliger Sicherheit aufzunehmen. (Über die Berechnung der Widerlagermauern siehe Kap. 3, § 12.)

Die Wirkung des Winddruckes wird überhaupt nur bei freistehenden Mauern und bei hohen Bauwerken, wie Türmen und Schornsteinen, in Rechnung zu ziehen sein. Bei den gewöhnlichen Bauten wird dies nicht erforderlich, da die Standfestigkeit durch die Verknüpfungen der sich kreuzenden Mauern, durch die Deckenkonstruktionen und die Verankerungen außerordentlich vergrößert wird. Auch stellen sich der Berechnung wegen der vielfachen Durchbrechungen mit Fenstern und Thüren und wegen der häufig nicht genau zu ermittelnden Lastverteilung auf die einzelnen Konstruktionsteile bedeutende Schwierigkeiten entgegen, so daß wir auch in dieser Beziehung vielfach auf die Erfahrungsresultate angewiesen sind.

4. Das Material und dessen Form.

Wir sahen unter 2., daß die Stabilität abhängig ist von dem Mauergewicht G, d. h. von der Schwere der Materialien, aus denen die Mauer errichtet ist, derart, daß eine Mauer um so standfähiger wird, je größer das spezifische Gewicht des Materials ist. Denn nehmen wir eine Mauer aus Werkstücken mit einem Gewicht von 2200 kg pro Kubikmeter, gegenüber einer Tuffsteinmauer mit einem Gewicht von 1100 kg pro Kubikmeter, so wird bei gleichen Abmessungen, nach Formel (12):

$$\frac{G \cdot b}{2} = n \cdot H \cdot h,$$

der Wert G im ersten Fall doppelt so groß wie im zweiten, wonach auch der Wert n die doppelte Größe erreicht.

Außer der Festigkeit und der spezifischen Schwere ist es auch die Gestalt des Materials, die die Art und Weise der Verbindung und damit die Mauerstärke beeinflußt.

Ein regelmäßig gestaltetes Material wird eine regelmäßigere und innigere Verbindung gestatten als ein unregelmäßiges. Es wird ferner erlauben, die einzelnen Steine näher aneinander, d. h. mit geringeren Zwischenräumen zu verlegen, und da das diese Zwischenräume ausfüllende Material, der Mörtel, in den meisten Fällen (und im Anfange wenigstens immer) eine geringere Festigkeit haben wird als die Steine, so folgt auch hieraus, daß ein aus regelmäßig gestalteten Steinen bestehender Mauerkörper, bei gleichen Abmessungen, mehr Festigkeit haben muß als ein aus unregelmäßigen Steinen erbauter. Oder umgekehrt, man kann eine Mauer aus regelmäßig gestalteten Steinen schwächer halten als eine aus unregelmäßigen, ohne ihrer Festigkeit zu schaden.

Die Erfahrung lehrt in dieser Beziehung, daß, wenn eine Mauer aus Backsteinen einer Stärke = 8 bedürftig ist, sie bei lagerhaften Bruchsteinen die Stärke = 10, bei ganz unregelmäßigen Geschieben = 14 bis 15 und bei bearbeiteten Werkstücken nur eine Stärke = 5 bis 6 bedarf; sonst gleiche Umstände vorausgesetzt.

Die Dicke einer Backsteinmauer als Einheit angenommen, ergeben sich daher die folgenden Verhältniszahlen:

Mauern aus	Backsteinen	$= 1.$
„ „	Werkstücken	$= \frac{5}{8} - \frac{3}{4}$
„ „	Schichtsteinen	$= 1.$
„ „	Cementbeton	$= 1.$
„ „	lagerhaften Bruchsteinen	$= 1\frac{1}{4}.$
„ „	Kalksand-Stampfmasse	$= 1\frac{1}{4}.$
„ „	unregelmäßigen Bruchsteinen (Feldsteinen, Findlingen)	$= 1\frac{3}{4} - 1\frac{7}{8}.$
„ „	Erd- oder Lehmstampfmasse	$= 2.$

Diese Zahlen geben nur Annäherungswerte, die je nach der Güte des verwendeten Mörtels und der Sorgfalt der Ausführung Abänderungen erfahren, und wobei natürlich gewisse Mindestwerte der Mauerstärken nicht unterschritten werden dürfen. Denn die Gestalt des Materials hat noch einen andern Einfluß auf die Ausführung. Sie bestimmt nämlich das Minimum der Stärke einer Mauer, bei welcher die Darstellung eines regelmäßigen Verbandes noch möglich bleibt. Setzen wir hierbei eine gleich sorgfältige Arbeit voraus, so wird sich bei Backsteinen die Steinbreite als Minimum der Stärke herausstellen; denn so hat der einzelne Stein wenigstens noch eine sichere Lage, die er augenscheinlich verliert, sobald man ihn auf die hohe Kante stellt. Dergleichen Mauern sind freilich nicht geeignet, eine fremde Last außer ihrer eigenen zu tragen, doch kommen sie als Scheidemauern und als Umfangsmauern der Rauchrohre oft vor. Bei lagerhaften Bruchsteinen wird man nicht unter 45 cm Stärke hinabgehen dürfen, wenn man noch eine zweihäuptige Mauer in gutem Verbande herstellen will; nur bei besonders guten lagerhaften Steinen und äußerst sorgfältiger Arbeit wird man Mauern von 40 cm Stärke aus diesem Material herstellen können. Bei unregelmäßigen Geschiebsteinen wird die geringste, einer zweihäuptigen Mauer zu gebende Stärke je nach dem Material nicht unter 60—75 cm betragen dürfen.

Von wesentlichem Einfluß auf die zu wählenden und insbesondere auf die geringsten Mauerdicken sind:

5. Die Sorgfalt und Güte der Arbeit und die richtige Behandlung des Materials, insbesondere des Mörtels.

Wir haben beim Mauerwerk ausführlich besprochen, was in Bezug auf Verband, Vermauern, Versetzen u. s. w. beobachtet werden muß, um möglichste Festigkeit des Mauerwerks zu erreichen, und es ist ohne weiteres verständlich, daß die Geschicklichkeit, Übung und Erfahrung der Arbeiter von ganz wesentlichem Einfluß auf die Güte der Arbeiten sein müssen.

Von Bedeutung für die geringste Dicke, die man einer Mauer geben kann, ist ferner die Rücksicht auf genügenden Schutz gegen:

6. Die Witterungseinflüsse,

also gegen Durchschlagen der Feuchtigkeit und gegen raschen Wärmewechsel in den umschlossenen Räumen, um diese, wie es in den meisten Fällen verlangt wird, leicht und billig heizen und lüften zu können.[1])

Die durch die Mauerdicke hindurchreichenden Steine begünstigen das Durchschlagen der Feuchtigkeit, den Wärmewechsel und damit den Niederschlag von Feuchtigkeit auf der Innenseite; man hält deshalb 1 Stein starke Backsteinmauern nicht für ausreichend und wählt mindestens $1^1/_2$ Stein als Stärke; doch müssen sie in den Fugen voll gemauert sein, wenn sie völligen Schutz gewähren sollen. In feuchten und kalten Gegenden werden die Umfassungsmauern besser als Hohlmauern ausgeführt, siehe § 11.

Bei Umfassungsmauern, die mit Werksteinen verkleidet sind, wird man aus demselben Grunde Hausteine nicht durch die ganze Mauerdicke hindurchgehen lassen, sondern die tiefeingreifenden mindestens mit $^1/_2$ Backstein hintermauern, wonach je nach der Bindertiefe die geringste Mauerstärke zu ermitteln ist; 50 cm dürfte als Mindestmaß zu bezeichnen sein.

Für Betonumfassungswände ist mit Rücksicht auf die Witterungseinflüsse als geringste Stärke 25—30 cm anzunehmen, wobei sorgfältige Ausführung und äußerer Putz mit Porlandcement-Mörtel vorausgesetzt wird.[2])

Die geringste Stärke von Kalksand-Stampfmauern ist nach Engel[3]) ca. 31—32 cm.

7. Die Rücksicht auf die Auflagerung der Gebälke.

Wenn die Mauerdicke im obersten Geschoß eines Gebäudes bestimmt ist, so werden außer den statischen Erwägungen noch die Rücksichten auf die Auflagerung der Gebälke eine Verstärkung der Mauer in den untern Stockwerken erforderlich machen. Ob die Verstärkung in jedem oder nur je im zweiten Stockwerk vorzunehmen ist, wird außer von den statischen Bedingungen auch von der Anwendung von Mauerlatten abhängig sein, da diese nicht in das Mauerwerk eingelegt werden dürfen, weil sonst das darüber befindliche Mauerwerk teilweise auf Holz aufsitzen würde, was unzulässig ist, und die Mauerlatte vollständig im Mauerwerk eingeschlossen wäre, was die rasche Zerstörung des Holzes im Gefolge haben würde. Das Einlegen von Mauerlatten in innere Mauern, die in gleicher Stärke durchgehen, ist aus demselben Grunde unbedingt zu verwerfen.

Die Mauerlatten sind zwecklos und völlig überflüssig, und werden am besten durch in Cementmörtel gemauerte Backsteinvollschichten ersetzt, auf die unmittelbar die Balken aufgelagert werden. Verfasser hat bei allen seinen Bauten die Mauerlatten längst ausgeschlossen und läßt ausschließlich, in Backstein- und Bruchsteinmauerwerk, solche Rollschichten ausführen, die in der oberen Fläche genau horizontal hergestellt werden können und dadurch auch ein sorgfältiges Verlegen der Balken gestatten, Taf. 38, Fig. 2.

Auf die Mauerstärken sind ferner von wesentlichem Einfluß:

8. Die Anlage eines massiven Hauptgesimses.
9. Die sonstige architektonische Durchbildung der Fassaden (kräftige und tiefe Fensterleibungen, Säulen- und Pilasterumrahmungen u. dergl.).
10. Anlage von sogenannten Kastenfenstern (innere Winterfenster), und Anordnung einer entsprechend tiefen inneren Fensternische.
11. Unterbringung von Rauchzügen, Heiz- und Lüftungskanälen u. dergl.

Es leuchtet ein, daß alle diese verschiedenen Momente, die für die Bestimmung der Mauerstärken in Betracht kommen, nicht mit bestimmten Koeffizienten in die Rechnung eingeführt werden können, so daß wir auf die Anwendung von Regeln angewiesen sind, die aus den Erfahrungen abgeleitet wurden. Unter diesen sind die von Rondelet[1]) aufgestellten noch immer beachtenswert und geben in Zweifelsfällen die Möglichkeit, brauchbare Mauerstärken zu ermitteln. Auch sind in allen baupolizeilichen Verordnungen die für die verschiedenen Mauern zulässigen geringsten Stärken vorgeschrieben, so daß bei den gewöhnlichen Wohngebäuden die Abmessungen' hiernach bestimmt werden können.

---

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 1. Heft, S. 375.
2) Desgl. S. 376
3) Engel, Die Bauausführung. Berlin 1881.

1) Rondelet, Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen. Deutsch von J. Heß. Leipzig 1835. IV. Band.

§ 36.

Die üblichen Mauerstärken und die Regeln nach Rondelet.

Bei der empirischen Bestimmung der Mauerstärken nimmt man mittelguten Backstein, gewöhnlichen Kalkmörtel und mittelgute Arbeit bei regelmäßigem richtigem Steinverbande an. Für andere Mauermaterialien werden alsdann die Stärken nach den in § 35 gegebenen Verhältniszahlen ermittelt unter Berücksichtigung aller in Frage kommenden Umstände.

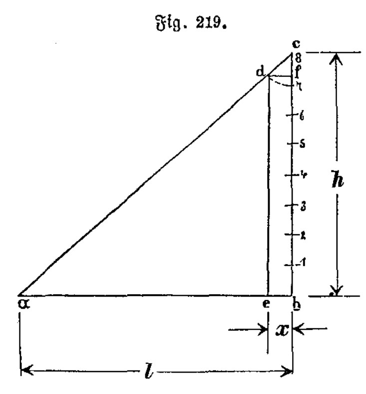
A. Freistehende Mauern.

Rondelet nimmt für freistehende unbelastete Mauern dreierlei Arten von Stabilität an, eine große, wenn die Mauer den achten Teil, eine mittlere, wenn sie den zehnten, und eine geringe, wenn sie den zwölften Teil ihrer Höhe zur Stärke hat, zu welchem Ergebnis er durch Ausmessung der Mauerstärken einer großen Zahl der verschiedensten Gebäude gelangt ist.

Stoßen die gerade laufenden Mauern mit Quermauern zusammen, so daß sie Winkel einschließen oder geschlossene Vielecke bilden, so werden sie größere Stabilität erhalten, als wenn sie völlig freistehend in gerader Linie fortlaufen, so daß außer der Höhe auch die Länge auf die Stärke einer Mauer bestimmend einwirkt.

Hiernach giebt Rondelet für Mauern, die eine geschlossene Figur bilden, folgende Regel: Die Länge der Mauer ab, Fig. 219, setze man mit der Höhe bc derselben rechtwinklig zusammen und ziehe die Hypotenuse ac; teile dann die Höhe bc in 8, 10 oder 12 Teile, je nachdem man der Mauer eine größere oder geringere Stabilität geben will, trage einen solchen Teil von c nach d auf ac, und ziehe de parallel zu bc, so bestimmt $eb = x$ die der Mauer zu gebende Stärke, die somit eine Funktion der Länge und der Höhe der Mauer wird.

Fig. 219.



Diese Stärke x läßt sich auch durch Rechnung finden, denn es ist:

$$l : x = ac : dc$$
$$ac = \sqrt{l^2 + h^2}$$
$$dc = \frac{1}{n} h, \text{ wobei } \frac{1}{n} = \frac{1}{8}, \frac{1}{10}, \frac{1}{12},$$

je nach der gewählten Stabilität,

somit: $$l : x = \sqrt{l^2 + h^2} : \frac{1}{n} h$$
$$x = \frac{l \cdot h}{n \cdot \sqrt{l^2 + h^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Beispiel. Es sei: $l = 20$ m,
$h = 10$ m,
$n = 8$.

Dann wird; $x = \frac{20 \cdot 10}{8\sqrt{20^2 + 10^2}} = 1{,}12 \text{ m} = 4\frac{1}{2}$ Stein.

Stände die Mauer isoliert, so würde sich eine Stärke $\frac{h}{8} = \frac{10}{8} = 1{,}25 \text{ m} = 5$ Stein ergeben haben.

Würde die Mauer in lagerhaften Bruchsteinen auszuführen sein, so wäre sie nach § 35 $1\frac{1}{4}$mal so stark anzulegen, d. h. . $1{,}12 \cdot \frac{5}{4} = 1{,}40$ m,

in Feldsteinen . . $1{,}12 \cdot \frac{7}{4} = 1{,}96$ m,

und in Werksteinen $1{,}12 \cdot \frac{5}{8} = 0{,}70$ m.

Für ringförmige Mauern giebt Rondelet als Regel an, in den Kreis ein regelmäßiges Zwölfeck einzuzeichnen und für eine Seite des Zwölfecks alsdann nach der soeben angegebenen Regel die Stärke zu bestimmen, oder, da die Seite des Zwölfecks von dem halben Radius nicht wesentlich abweicht, die Dicke der ringförmigen Mauer nach der Länge des halben Radius zu bestimmen.

Es sei z. B. eine Kreisfläche von 16 m Durchmesser mit einer 5 m hohen Mauer zu umschließen; man soll ihre Stärke bestimmen.

Nach der soeben angegebenen Regel wird:

$$l = \frac{16}{4} = 4 \text{ m},$$
$$h = 5 \text{ m},$$
$$n = 8,$$

somit: $$x = \frac{4 \cdot 5}{8\sqrt{4^2 + 5^2}} = 0{,}38 = 1\frac{1}{2} \text{ Stein.}$$

Sollte man Abmessungen erhalten, die schwächer werden als die angegebenen Minimalstärken, so sind natürlich diese anzunehmen.

B. Umfassungsmauern, die eine Decke oder ein Dach tragen, jedoch nicht Widerlager von Gewölben sind.

a) Wenn nur ein Gebälk vorhanden, mithin das Gebäude einstöckig ist.

Rondelet setzt hier Gebäude mit solchen Dach- oder Deckenkonstruktionen voraus, die nicht nur keinen Seitenschub auf die Frontmauern ausüben, sondern die

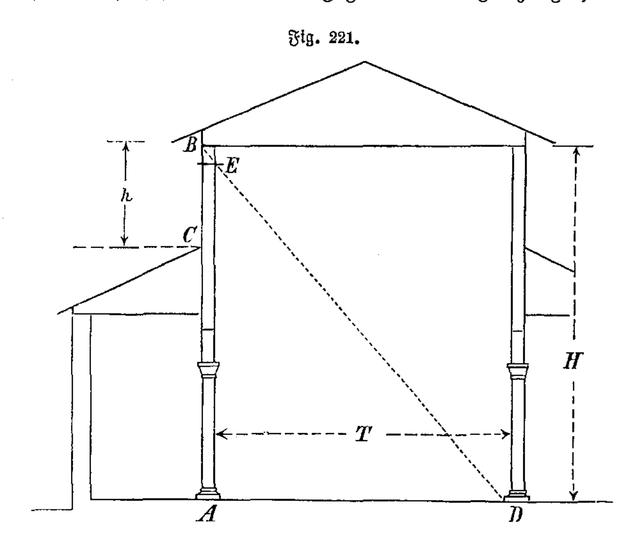
durch die Bundbalken noch eine Verankerung der Mauern bewirken. Haben hierbei die Gebäude keine Scheidewände, bilden sie also nur einen freien Raum, wie z. B Reit- und Exerzierhäuser, und stehen die Frontmauern ihrer ganzen Höhe und Länge nach frei, so setze man nach Fig. 220 die Höhe AB vom Fußboden bis unter die Bundbalken mit der lichten Tiefe AC des Gebäudes rechtwinklig zusammen, ziehe die Hypotenuse BC und trage auf dieser das Stück BD $= \frac{1}{12}$ AB ab, so giebt die aus D zu AB parallel gezogene DE die Stärke der Mauern an. Bezeichnen wir AB mit H und AC mit T, so ergiebt sich die Stärke

Fig. 220.

$$x = \frac{H \cdot T}{12 \sqrt{H^2 + T^2}} \quad \dots \quad (14)$$

Sind aber die das Dach tragenden Mauern auf eine gewisse Höhe von anderen Bauteilen oder von angelehnten Dächern gestützt, wie bei den mit Balkendecken versehenen Basiliken, so soll man, nach Fig. 221, die ganze Höhe der

Fig. 221.



Mauern zu der äußern Höhe CB addieren, von dieser Summe den 24. Teil nehmen und diesen auf die Hypotenuse BD von B nach E tragen, so daß, wenn wir die ganze Höhe = H, CB = h, AD = T setzen, und die Stärke der Mauer mit x bezeichnen, sich ergiebt:

$$x = \frac{(H + h)\, T}{24 \sqrt{H^2 + T^2}} \quad \dots \quad (15)$$

Beispiel 1:

Die Basilika S. Paolo fuori le mura zu Rom hat 5 Schiffe, die durch 4 Säulenreihen getrennt sind. Das Mittelschiff hat 23,83 m Breite und 30,25 m Höhe, und die Höhe der Mittelschiffmauern über den Seitendächern beträgt 8,50 m.

Es ist also nach Formel 15:

$$T = 23{,}83 \text{ m},$$
$$H = 30{,}25 \text{ m},$$
$$h = 8{,}50 \text{ m},$$

somit: $$x = \frac{(30{,}25 + 8{,}50)\, 23{,}83}{24 \sqrt{30{,}25^2 + 23{,}83^2}} = 0{,}98 \text{ m}.$$

Die Säulenstärke beträgt thatsächlich 0,95 m.

Beispiel 2:

Bei der Basilika S. Maria Maggiore in Rom ist:

$$T = 17{,}08 \text{ m},$$
$$H = 18{,}35 \text{ m},$$
$$h = 6{,}38 \text{ m},$$

somit nach Formel 15:

$$x = \frac{(18{,}35 + 6{,}38)\, 17{,}08}{24 \sqrt{18{,}35^2 + 17{,}08^2}} = 0{,}70 \text{ m},$$

statt 0,75 m der Ausführung.

Rondelet beweist die Richtigkeit seiner Regel noch an mehreren Beispielen, und da die Ergebnisse mit den Ausführungen genau genug übereinstimmen, so kann man die Regeln in besonderen Fällen wohl gebrauchen, um wenigstens eine Grenze zu erhalten, unter die man nicht gehen sollte.

b) Wenn die Gebäude aus mehreren Stockwerken bestehen, die durch Deckengebälke getrennt sind.

Hier haben wir es zunächst mit den gebälktragenden Umfassungsmauern unserer Wohngebäude zu thun, für die es weder an Beispielen noch an Regeln fehlt, so daß man selten über die solchen Mauern zu gebenden Stärken im Zweifel sein wird.

Eine ziemlich allgemein gültige Regel für gewöhnliche Wohngebäude ist folgende: Ist das Stockwerk 3,5—4,2 m hoch, beträgt die Zimmertiefe nicht über 6 m und die freie Länge der Frontmauern nicht über 9—10 m, so sind die Frontmauern $1\frac{1}{2}$ Stein stark aufzuführen; bleibt aber die Zimmerhöhe unter 3,5 m, so reicht gutes Material, solide Arbeit und sorgfältige Verankerung der gegenüberliegenden Mauern vorausgesetzt, eine Stärke von 1 Steinlänge aus. Ist dabei das Gebäude mehrstöckig, so gelten diese Abmessungen natürlich für das oberste Geschoß, und man legt dann in jedem tiefer gelegenen Stockwerk der Mauerstärke gewöhnlich $\frac{1}{2}$ Stein zu. Sind indessen die einzelnen Etagen nicht über 3,5—4 m hoch, und beabsichtigt man nicht, Mauerlatten anzuordnen, so kann man die vorhin angegebene Mauerstärke für zwei aufeinander folgende Stockwerke beibehalten und erst dann $\frac{1}{2}$ Stein an Stärke zulegen.

Die belasteten Umfassungsmauern sind jedoch im obersten Stockwerk 2 Stein stark anzulegen, wenn die Stockwerke über 4,5 m hoch, die Zimmertiefen über 7 m und die freien Frontlängen über 10 m sind.

Wenn die freie Frontlänge der balkentragenden Umfassungsmauern 3 m nicht überschreitet, wie bei kleinen Höfen, Aborten u. dergl., so macht man sie durch 3 Stockwerke $1^1/_2$ Stein stark und läßt dann erst eine Verstärkung von $^1/_2$ Stein eintreten.

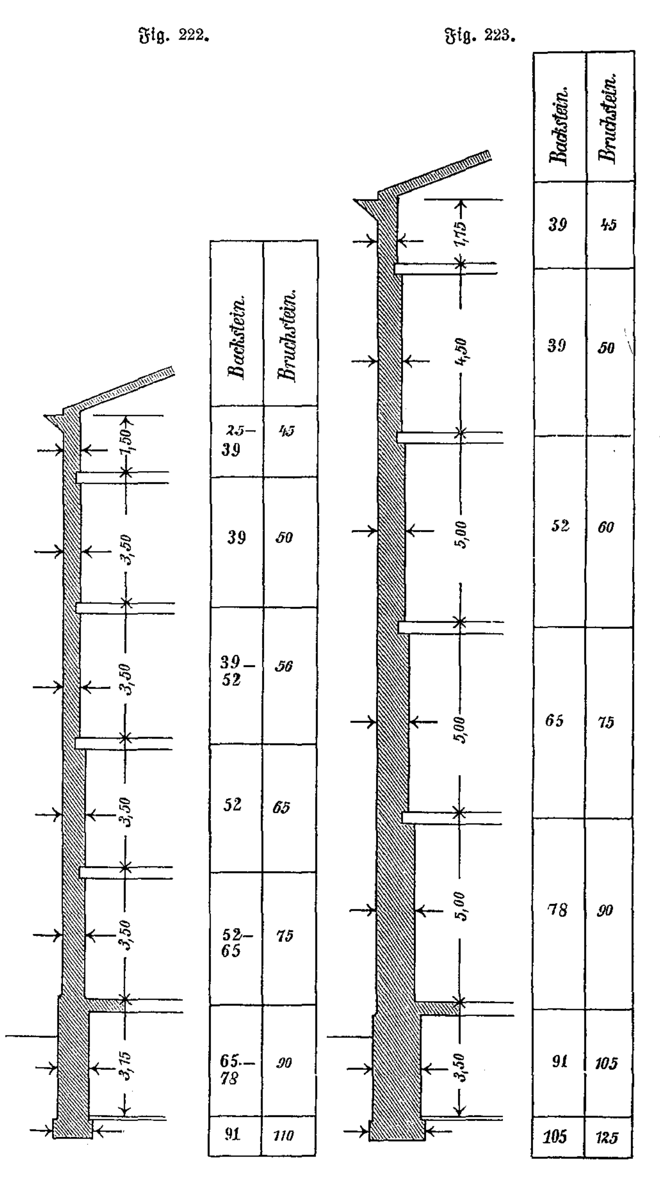


Fig. 222. Fig. 223.

Erhalten die Mauern starke Belastungen oder Erschütterungen, wie bei Fabriken und Lagerhäusern, so sind sie entsprechend stärker anzulegen; insbesondere ist in jedem Geschoß die Stärke um $^1/_2$ Stein zu vermehren.

Werden die Mauern in guten lagerhaften Bruchsteinen hergestellt, so ist im obersten Stockwerk je nach Stockhöhe, Zimmertiefe und freien Frontlängen mit 40—50 cm zu beginnen und analog wie bei den Backsteinmauern in jedem Geschoß 8 cm oder je nach 2 Geschossen 15 cm zuzulegen.

Die hiernach sich ergebenden geringsten Mauerstärken sind in Fig. 222 u. 223 zusammengestellt, und zwar giebt Fig. 222 die Stärken bei mäßigen Zimmertiefen und den gewöhnlichen Stockwerkshöhen, und Fig. 223 bei hohen Geschossen und verhältnismäßig tiefen Zimmern.

Rondelet giebt für die Bestimmung der Mauerstärke der Frontmauern folgende Regeln:

Hat das Gebäude nur eine Reihe Zimmer der Tiefe nach, also keine Mittelscheidemauer, so addiere man zu der lichten Tiefe des Gebäudes die halbe Höhe bis unter das Dach und nehme von dieser Summe den 24. Teil als Mauerstärke.

Nennen wir daher die Tiefe t, die Höhe h und die Mauerstärke x, so ergiebt sich:

$$x = \frac{t + \frac{h}{2}}{24} = \frac{2\,t + h}{48} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Hat das Gebäude aber zwei Reihen Zimmer der Tiefe nach, so nehme man von der halben Summe der Tiefe und Höhe den 24. Teil als Mauerstärke, oder nach obiger Bezeichnung

$$x = \frac{\frac{t + h}{2}}{24} = \frac{t + h}{48} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Fig. 224.

Die Werte der Formeln 16 und 17 entsprechen der kleinsten Stabilität; für eine mittlere Stabilität setze man noch 3 cm, für eine große noch 6 cm zu.

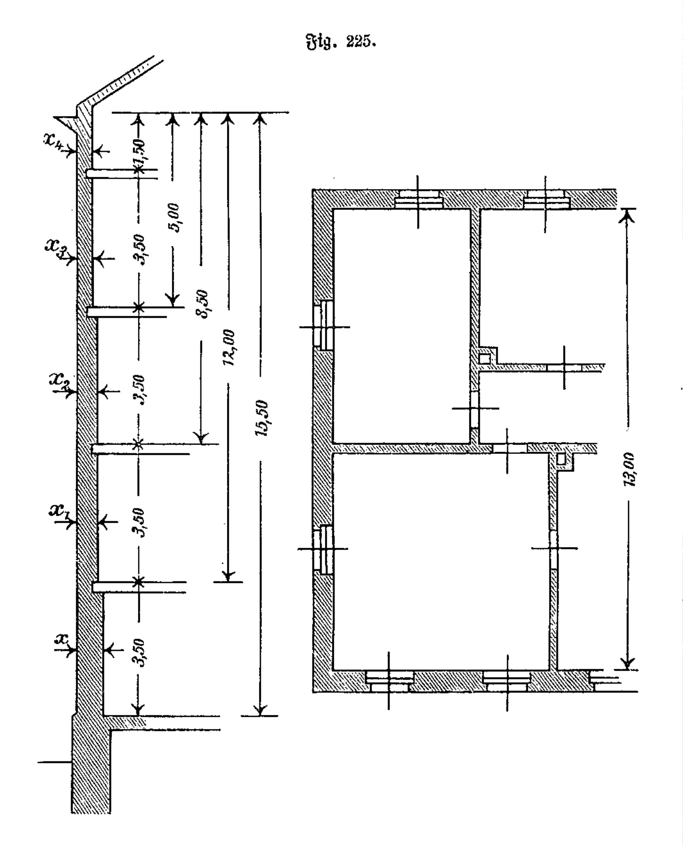
Beispiel 1. Fig. 224, nach Formel (16) und für mittlere Stabilität:

Erdgeschoß: $x = \frac{2.6 + 12}{48} + 3 = 0{,}53$ m (2 Stein),

I. Obergeschoß: $x_1 = \frac{2.6 + 8}{48} + 3 = 0{,}42$ m (2 Stein, bei sehr guter Arbeit $1^1/_2$ Stein).

II. Obergeschoß: $x_2 = \frac{2.6 + 4}{48} + 3 = 0{,}33$ m ($1^1/_2$ Stein).

Fig. 225.



Beispiel 2. Fig. 225, nach Formel (17) und für mittlere Stabilität:

Erdgeschoß: $x = \frac{13 + 15{,}5}{48} + 3 = 0{,}63$ m ($2^1/_2$ Stein).

I. Obergeschoß: $x_1 = \frac{13 + 12}{48} + 3 = 0{,}55$ m ($2^1/_2$ Stein, bei sehr guter Arbeit 2 Stein).

II. Obergeschoß: $x_2 = \frac{13 + 8{,}5}{48} + 3 = 0{,}45$ m (2 Stein).

III. Obergeschoß: $x_3 = \frac{13 + 5}{48} + 3 = 0{,}41$ m ($1^1/_2$ Stein).

Kniestock: $x_4 = \frac{13 + 1{,}5}{48} + 3 = 0{,}33$ m ($1^1/_2$ Stein).

Wie man sieht, stimmen die berechneten Stärken mit den in Fig. 222 angegebenen vollständig überein.

Beispiel 3. Fig. 226, nach Formel (17) und für große Stabilität (Monumentalbau), Gebäudetiefe t = 14 m:

Erdgeschoß: $x_1 = \frac{14 + 13}{48} + 6 = 0{,}63$ m ($2^1/_2$ Stein).

I. Obergeschoß: $x_2 = \frac{14 + 7}{48} + 6 = 0{,}50$ m (2 Stein).

Kniestock: $x_3 = \frac{14 + 1}{48} + 6 = 0{,}36$ m ($1^1/_2$ Stein).

Nach Redtenbacher berechnen sich die Stärken der Umfassungsmauern von Fabrikgebäuden nach der Formel:

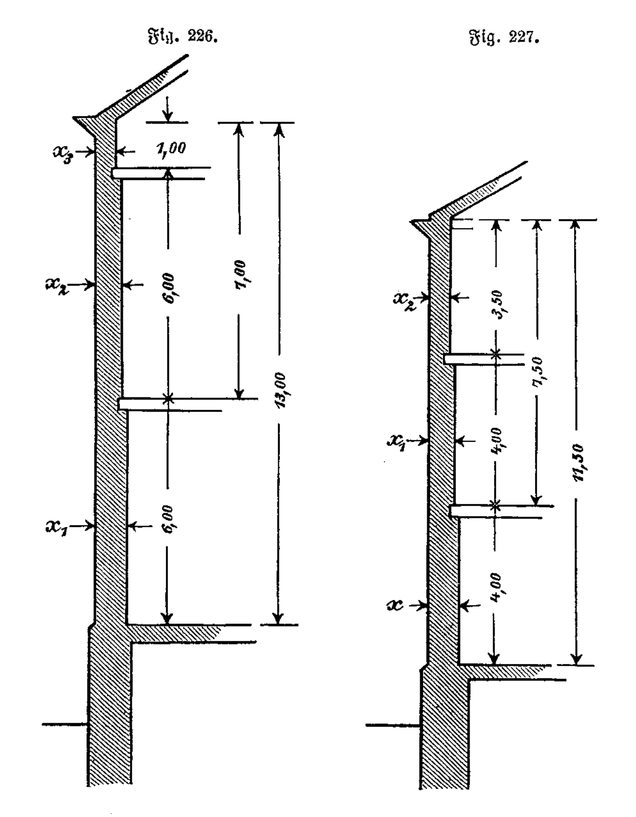
$$x = \frac{t}{40} + \frac{h}{25}, \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

während Müller[1]) hierfür angiebt:

$$x = \frac{t}{48} + \frac{h}{36}, \quad \ldots \ldots \quad (19)$$

somit wesentlich kleinere Maße als Redtenbacher.

Fig. 226. Fig. 227.



Beispiel. t = 12 m. Fig. 227, nach Formel (18):

Erdgeschoß: $x = \frac{12}{40} + \frac{11{,}5}{25} = 0{,}76$ m (3 Stein).

I. Obergeschoß: $x_1 = \frac{12}{40} + \frac{7{,}5}{25} = 0{,}60$ m ($2^1/_2$ Stein).

II. Obergeschoß: $x_2 = \frac{12}{40} + \frac{3{,}5}{25} = 0{,}44$ m ($1^1/_2$—2 Stein).

1) Nach Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 1. Hft., S. 389.

Dagegen nach Formel (19):

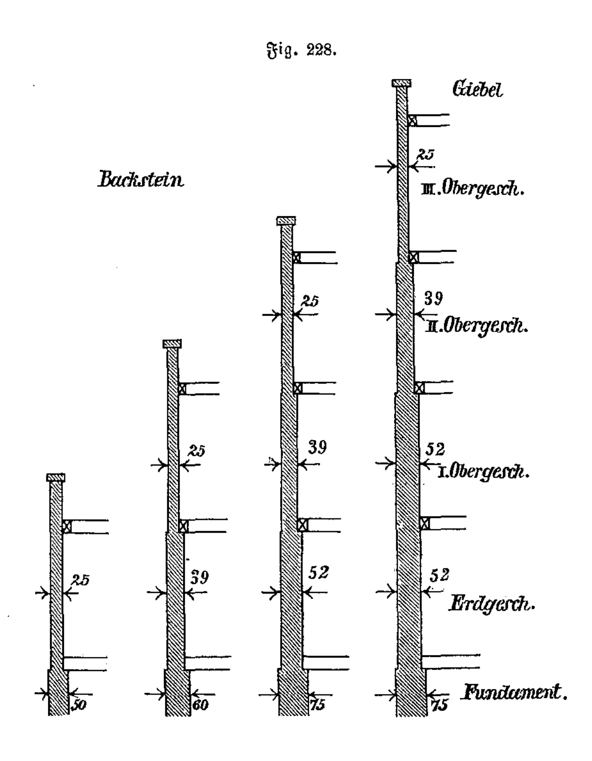
Erdgeschoß: $x = \frac{12}{48} + \frac{11,5}{36} = 0,57$ m (2—2½ Stein).

I. Obergeschoß: $x_1 = \frac{12}{48} + \frac{7,5}{36} = 0,46$ m (2 Stein).

II. Obergeschoß: $x_2 = \frac{12}{48} + \frac{3,5}{36} = 0,35$ m (1½ Stein).

Unter den bis jetzt betrachteten Außen- oder Hauptmauern haben wir die Frontmauern verstanden, d. h. die, welche in der Regel die Gebälke tragen, so daß die Giebelmauern nicht als Träger mitverwendet werden. Bei einer solchen Anordnung der Gebälke können die Giebelmauern auch schwächer aufgeführt werden; wenigstens kann man die für das obere Stockwerk der Hauptmauern gefundene Stärke durch mehrere Geschosse in den Giebelmauern beibehalten.

Fig. 228.



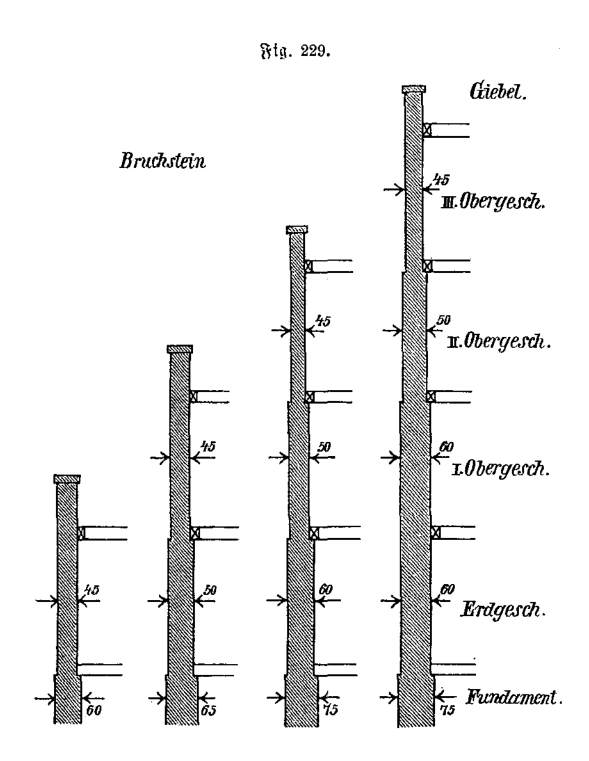
Hierbei ist indessen vorausgesetzt, daß die Gebäude nicht tiefer als lang, außerdem die Giebel durch eine oder mehrere Mittelscheidemauern verbunden sind. Gegenteils müssen bei sehr tiefen und nur einen einzigen freien Raum bildenden Gebäuden (wie bei Exerzier- oder Reithäusern u. s. w.) die Giebelmauern, wenn sie nicht etwa durch angebaute Treppenhäuser u. s. w. verstärkt sind, oft stärker als die Hauptmauern aufgeführt werden, weil sie der Verankerung durch das Dachgebälk entbehren, und oft noch einen hohen Dachgiebel zu tragen haben. In solchen Fällen dürfte man sie als freistehende Mauern betrachten und ihre Stärke den für solche Mauern gegebenen Regeln gemäß bestimmen.

Diese Giebelmauern sind vielfach Brandmauern, die den Zweck haben, die Ausbreitung des Feuers bei ausbrechenden Bränden zu verhindern; sie müssen mindestens eine Stärke von 1 Stein erhalten und sollten 30—50 cm über die Dachfläche hinausgeführt werden.

Häufig sind diese Brandmauern gemeinschaftlich für zwei aneinander gebaute Häuser; sie bilden dann die sogenannten Kommunmauern, in denen wie bei den Brandmauern die Anlage von Rauchrohren, Heiz- und Lüftungskanälen und von nicht feuersicher schließbaren Öffnungen verboten ist.

Die Stärken der Brand- und Komunmauern sind überall baupolizeilich bestimmt; wir geben in Fig. 228 u. 229 die in Baden vorgeschriebenen Stärken.

Fig. 229.



Um die Mauerstärken für Türme zu finden, kann man die ganze Höhe des Turmes in Stockwerke von 4,5 m Höhe teilen, dem obersten 1½ Stein und jedem tieferliegenden eine um ½ Stein größere Stärke geben. Die hiernach bestimmten Stärken dürften hinreichend sein, weil die Mauern der Türme nie sehr lang zu sein pflegen, und außerdem die geschlossene Grundfigur und die im Innern angebrachten Gebälke u. s. w. kräftige Verstärkungen bilden.

Tabelle.

Geschoß	Wohngebäude: Frontwand mit Öffnungen und Balkenlast	Wohngebäude: Mittelwand mit Öffnungen und Balkenlast	Wohngebäude: Giebelwand ohne Öffnungen, (Mit oder ohne Balkenlast)	Wohngebäude: Hohe Wand mit Balkenlast	Wohngebäude: Giebelwand mit Öffnungen, (Mit oder ohne Balkenlast)	Fabrikgebäude: Frontwand mit Öffnungen und Balkenlast	Fabrikgebäude: Mittelwand mit Öffnungen und Balkenlast	Fabrikgebäude: Giebelwand ohne Öffnungen, (Mit oder ohne Balkenlast)	Fabrikgebäude: Hohe Wand ohne Öffnungen mit Balkenlast	Wohngebäude: Treppenwand	Fabrikgebäude: Treppenwand
Dachgeschoß:	25		25	25	25	25		25	25	25	25
IV. Obergeschoß:	39	39	25	39	25	39	39	25	39	25	25
III. Obergeschoß:	39	39	25	39	25	52	39	25	39	25	25
II. Obergeschoß:	52	39	25	39	39	52	39	39	52	25	25
I. Obergeschoß:	52	39	39	52	39	65	52	39	52	25	39
Erdgeschoß:	65	52	39	52	52	78	52	52	65	39	39
Kellergeschoß:	78 / 91	52 / 65	52 / 65	65 / 78	52 / 65	91 / 105	65 / 78	52 / 65	78 / 91	39 / 52	52 / 65

Centimeter — Centimeter — Centimeter

§ 37.

Scheidemauern.

Bei den Scheidemauern eines Gebäudes sind die, welche zum Tragen der Gebälke dienen, von denen, die nur die Abteilung eines Raumes bezwecken, zu unterscheiden; denn die ersteren haben oft eine große, ja größere Last als die Hauptmauern zu tragen und sind den Erschütterungen durch die elastischen Gebälke ausgesetzt, während die letzteren nur sich selbst zu tragen haben. Diese Verhältnisse werden vielfach nicht genügend beachtet, und die häufige und lästige Versackung der Gebälke infolge ungenügender Stärke der gebälktragenden Wände ist diesem Umstande zuzuschreiben.

Wenn somit die Mittelmauern je nach der Größe der Belastung dieselbe oder eine noch größere Stärke als die Umfassungsmauern erhalten müßten, so ist doch zu beachten, daß die Frontmauern unmittelbar dem Winddrucke und den Einflüssen der Witterung ausgesetzt und durch Öffnungen mehr durchbrochen sind als die Mittelmauern. Man legt sie deshalb in der Regel nicht stärker an als die Frontmauern in dem obersten Geschoß, so daß sie $1^1/_2$ Stein Stärke erhalten, die man durch alle Geschosse beibehält. Bei hohen Räumen und bedeutenden freien Längen und bei Unterbringung der Rauch-, Heiz- und Lüftungskanäle in den Mittelmauern sind diese 2 Stein stark anzulegen, während andererseits bei den gewöhnlichen Verhältnissen und bei Vorhandensein einer zweiten Mittelmauer eine 1 Stein starke Mauer genügt.

Eine besondere Erwähnung verdienen die zu den Scheidemauern gezählten Umschließungen der Treppenhäuser; wenn diese durch alle Stockwerke hindurchgehen, so treten für die Treppenhausmauern fast dieselben Umstände auf wie für die Frontmauern, da sie auf der der Treppe

zugekehrten Seite in ihrer ganzen Höhe freistehen, und wenn die Treppenhäuser auch gewöhnlich nicht sehr groß, mithin die Mauern nicht sehr lang sind, so kommt doch der nachteilige Umstand hinzu, daß die Mauern durch die von den Treppen ausgehenden Erschütterungen ungünstig beeinflußt werden; es empfiehlt sich deshalb, den Mauern der durch die ganze Gebäudehöhe reichenden Treppenhäuser dieselbe Stärke wie den Mittelmauern zu geben.

Bei unterwölbten Treppen wird die Mauerstärke gewöhnlich zwei Steinlängen betragen.

Ist eine der Treppenhausmauern zugleich Frontmauer, bei welcher auf der der Treppe zugekehrten Seite keine Mauerabsätze angebracht werden können, so wird man ihr die mittlere Stärke der übrigen Frontmauern geben müssen.

Die Scheidemauern, die durch Balkenlagen nicht belastet sind — die nicht gebälktragenden Wände —, kann man in den Fällen, wo es sich um möglichste Platzausnützung handelt und billig gebaut werden muß, selbst in mehrgeschossigen Gebäuden $\frac{1}{2}$ Stein stark ausführen. Aber stets 1 Stein stark sollte man die Mauern von Aborten, Küchen, Hausfluren, Vorräumen u. s. w. und jene Mauern machen, die in den größeren Miethäusern die einzelnen Wohnungen trennen, um genügenden Schutz gegen Abkühlung und gegen das „Durchhören" zu bieten.

Schließlich geben wir in nebenstehender Tabelle die in Berlin von der Baupolizei vorgeschriebenen Mauerstärken für Wohn- und Fabrikgebäude, wobei bemerkt wird, daß man in Berlin bei Anlage von Seitenflügeln die dem Nachbar zugewendete Umfassungswand „hohe Wand" nennt.

§ 38.

Grundmauern.

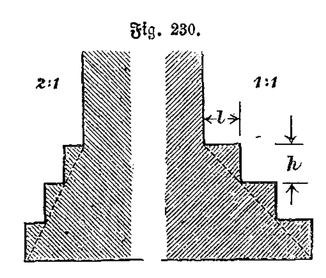
Wenn die Stockwerksmauern nach den Erfahrungssätzen oder nach den empirischen Regeln bestimmt sind, erübrigt noch, die Stärke für die eigentlichen Fundamentmauern, die „Grundmauern", zu ermitteln.

Die eigentlichen Stockwerksmauern rechnet man erst von dem Fußboden des untersten Stockwerks an, und da dieser immer etwas über den Boden erhöht zu sein pflegt, so entsteht zwischen den Stockwerks- und den eigentlichen Grundmauern noch ein besonderer Mauerteil, den man den Sockel oder die Plinte nennt. Dieser bildet den sichtbaren Fuß des Gebäudes, und schon aus einem statischen Gefühle macht man denselben breiter, d. h. man läßt die Sockelflucht gegen die obere Mauerflucht etwas vorspringen. In gewöhnlichen Fällen beträgt dieser Vorsprung etwa 4 – 6 cm, und da wenigstens bei Backsteinen die Zunahme der Mauerstärke nicht unter $\frac{1}{2}$ Steinlänge betragen kann, so entsteht auch an der innern Seite der Mauer ein Vorsprung von 8 bis 4 cm.

Die eigentliche Grundmauer beginnt mit der Oberfläche des das Bauwerk umgebenden Bodens und dient als Mittelglied zwischen der Sockelmauer und dem Baugrunde. Diese Mauer kann in verschiedenen Eigenschaften auftreten: entweder dient sie dem oberen Mauerkörper nur als Fundament, oder sie ist zugleich Stützmauer des Erdreichs, oder dient außerdem noch als Widerlagsmauer für Gewölbe.

Die Stärke der Grundmauern ist je nach ihrer Beanspruchung zu ermitteln, wobei in erster Linie darauf zu achten ist, daß die Resultierende aus allen Kräften die Fundamentsohle im mittlern Drittel durchschneidet, daß der Druck auf den Baugrund das zulässige Maß nicht überschreitet und möglichst gleichförmig auf die ganze Fundamentsohle verteilt wird. Wir verweisen hierüber auf das § 35 Mitgeteilte. Um die zulässige Belastung des Baugrundes nicht zu überschreiten, werden in der Regel Fundamentverbreiterungen notwendig, die in Absätzen ausgeführt werden, Fig. 230. Die Höhen- und Breitenabmessungen

Fig. 230.



dieser Absätze müssen jedoch so gewählt werden, daß die Verteilung des Druckes auf den größeren Querschnitt auch thatsächlich erfolgt, was nur innerhalb gewisser Grenzen stattfindet. Demgemäß darf das Verhältnis $h : l$ den Wert 1 : 1 bis 3 : 1 nicht überschreiten, d. h. l darf nicht größer als h und braucht nicht kleiner als $\frac{h}{3}$ zu sein. Fundamentverbreiterungen, die nach einem flacheren Verhältnis angeordnet werden, bringen die beabsichtigte Druckverteilung nicht mehr hervor, sind deshalb zwecklos und bedeuten eine Materialverschwendung.

Die Fundamenttiefe muß so gewählt werden, daß die Sohle frostfrei liegt, d. i. in unseren Gegenden ca. 1,20 m tief, da der Frost den Baugrund auflockert und nachgiebig macht.

Dies ist besonders auch bei der Fundierung von Freitreppen und Lichtschachten zu beachten. Das Mauerwerk eines Lichtschachtes aufzusetzen, wie in Fig. 232 gezeichnet, ist fehlerhaft, auch schon deshalb, weil der unter dem Lichtschachte liegende Baugrund zur Herstellung des zweihäuptig

zu mauernden Fundamentes der Hauptmauer weggegraben und dann wieder hinterfüllt wurde, so daß der Lichtschacht

Fig. 231.

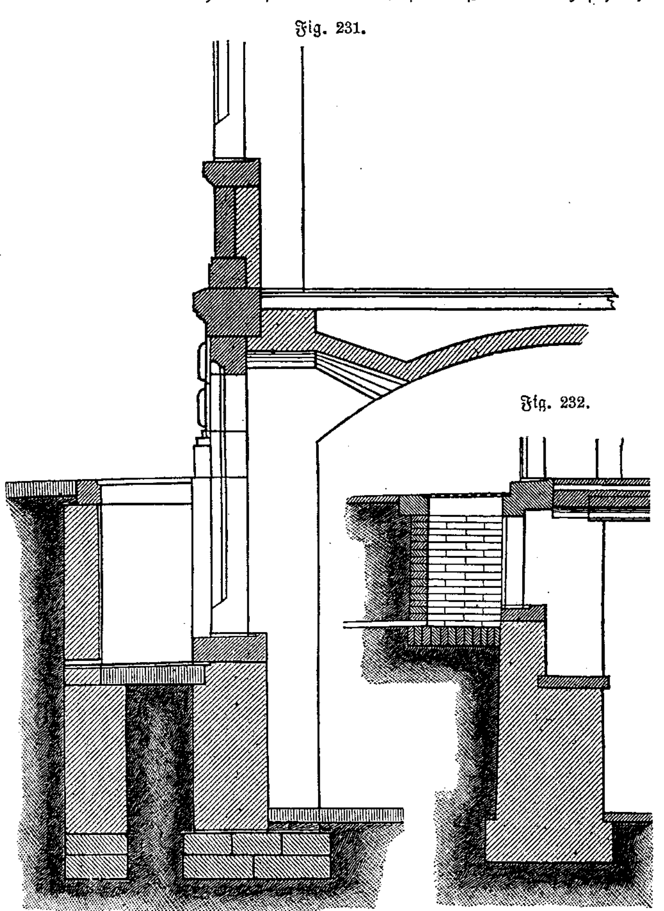
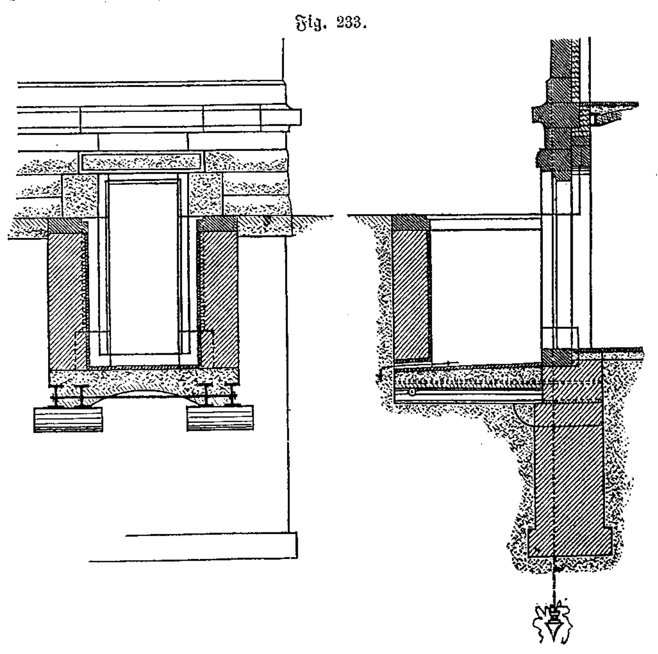


Fig. 232.

auf aufgefülltem Boden aufgesetzt wäre. Fig. 231 zeigt die richtige Anordnung, wobei die Lichtschachtmauer auf gewachsenem frostfreien Boden aufsitzt.

Fig. 233.



Bei tiefen Fundamenten kann man Lichtschachte auch nach Fig. 233[1]) konstruieren, wonach man entsprechend starke I-Schienen an einem Ende fest einmauert und zwischen die vorkragenden Teile eine flache Kappe spannt, wodurch man genügende Unterstützung für die aufzuführenden Lichtschachtmauern gewinnt.

§ 39.

Die Futtermauern.

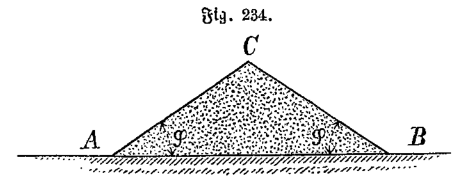
Beim Aufschütten einer lockern Erdmasse auf einer wagerechten Ebene bildet sich ein Erdhaufen von dreieckigem Querschnitt A B C, Fig. 234, dessen Seiten A C und B C mit der Wagerechten einen Winkel φ bilden, den man als natürlichen Böschungswinkel bezeichnet, und dessen Größe von der Beschaffenheit des Materials abhängig ist.

Die folgende Tabelle giebt die Mittelwerte der natürlichen Böschungswinkel φ und die Gewichte eines Kubikmeters der verschiedenen Materialen:

Material	Böschungswinkel φ	Gewicht pro cbm in kg
Sand und Kies, feucht	24°	1800
" " " trocken	32°	1600
Steinschotter	38°	1620
Lehm, feucht	17°	1860
" trocken	40°	1460
Thonerde, feucht	17°	1950
" trocken	45°	1550
Dammerde, feucht	27°	1700
" trocken	40°	1400
Wasser	0°	1000

In allen Fällen, in denen die Anlage der natürlichen Böschung nicht möglich ist, sondern die Erdmassen in steileren Richtungen angeschnitten werden müssen, ist die Aufführung von Futter- oder Stützmauern notwendig, um die Bewegung der Erdmassen zu verhindern.

Fig. 234.

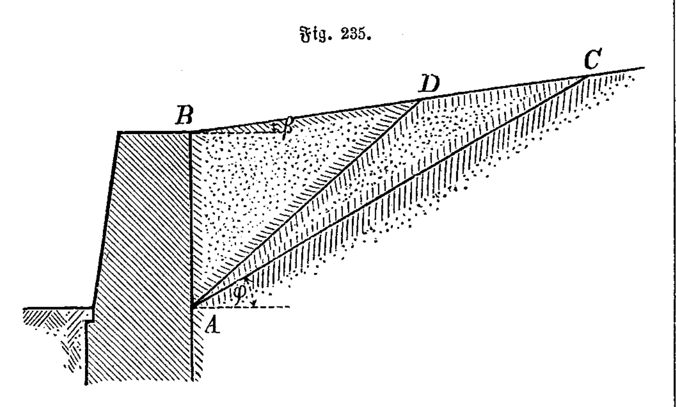


Wenn nun auch bei festgestampfter Erde oder bei gewachsenem Boden der Neigungswinkel, bei dem sich die Masse noch für sich selbst im Gleichgewichte befindet, wesentlich größer ist als bei locker aufgeschütteter Masse, so wird bei der Berechnung der Futtermauern hierauf keine Rücksicht genommen, da durch Feuchtigkeit, Erschütterungen und sonstige ungünstige Einflüsse die Erdmasse gelockert und ihre Festigkeit stark vermindert werden kann.

1) Vom Gymnasiumsbau in Heidelberg.

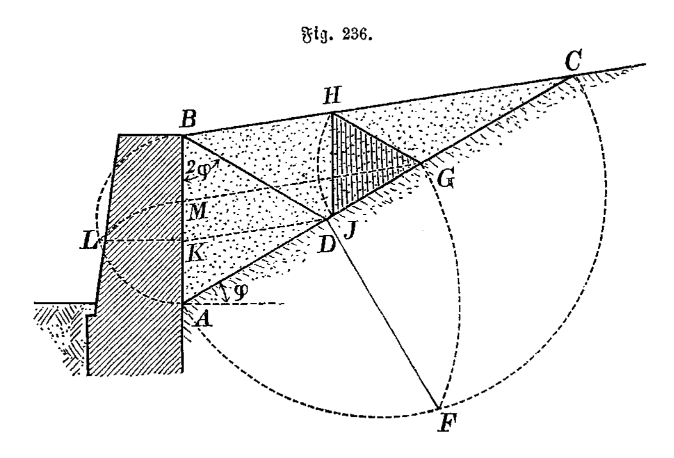
Es sei, Fig. 235, A B eine Futtermauer, B C die Terrainlinie, die mit der Horizontalen den Winkel $\beta \angle \varphi$ einschließt, und A C die natürliche Böschungslinie, bis zu welcher die Erdmasse sich im Gleichgewichte befindet. Die Futtermauer hat somit den Druck des Erdkörpers A B C aufzunehmen und dessen Abgleiten zu verhindern. Durch

Fig. 235.



ein geringes Nachgeben der Mauer würde auch eine Bewegung des Erdprismas A B C derart eintreten, daß es sich nach einer Ebene A D spalten würde, die **Bruchebene** oder **Gleitebene** genannt wird. Ohne die Stützmauer würde die Gleitebene mit der Böschungsebene zusammenfallen; durch das Gewicht der über A C lagernden Masse wird aber die Reibung in dem Erdkörper vergrößert, infolgedessen sich die Gleitebene steiler stellt.

Fig. 236.



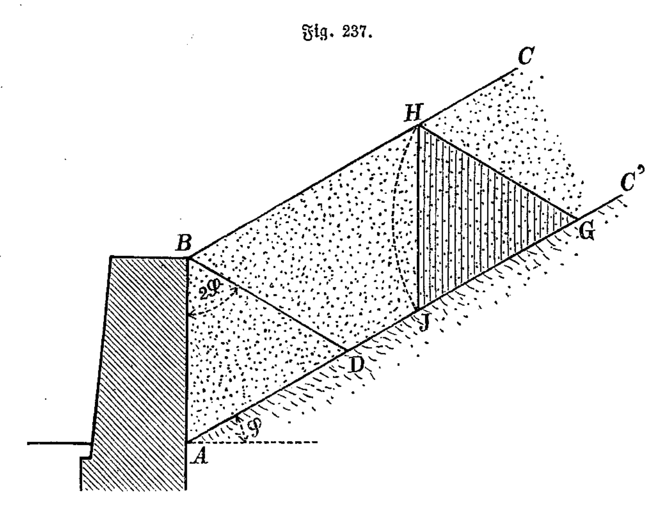
Die Größe des Erddruckes und die Lage der Gleitebene kann nach der von **Rebhann** angegebenen Konstruktion in folgender Weise ermittelt werden.[1]) Fig. 236: Man mache Winkel A B D = 2 φ, beschreibe über A C einen Halbkreis, ziehe D F ⊥ A C, mache A G = A F, ziehe G H || B D, und mache G J = G H, so giebt A H die Gleitebene, und die Größe des Erddruckes E wird durch das Prisma G H J dargestellt; das Dreieck G H J heißt das **Erddruckdreieck**.

Nimmt man als Tiefe 1 m an, und bezeichnet p das Gewicht pro Kubikmeter Erde, so ergiebt sich der wirkliche Erddruck:

$$E = p \, . \, G H J.$$

Bildet die Terrainlinie B C, Fig. 237, den natürlichen Böschungswinkel, d. h. $\beta = \varphi$, so mache man wieder den Winkel A B D = 2 φ, ziehe in beliebiger Entfernung

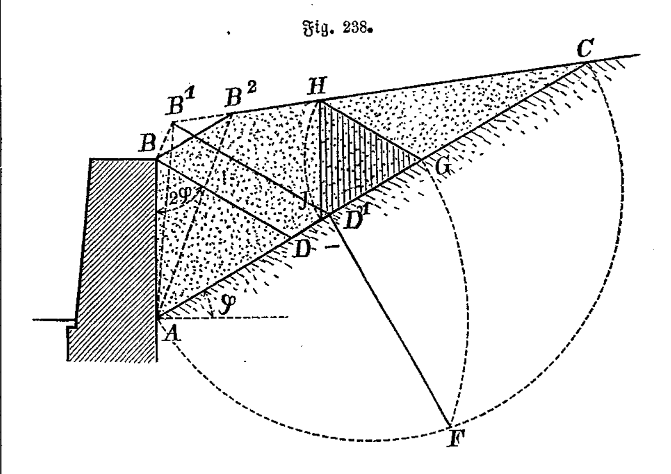
Fig. 237.



G H || B D, mache G J = G H, so giebt G H J das Erddruckdreieck, durch das die Größe des Erddruckes bestimmt wird.

Ist die Terrainlinie nach B B^2 C gebrochen, Fig. 238, so ziehe man A B^2, und verwandle das Dreieck A B B^2 in das inhaltsgleiche A B^1 B^2, indem man B B^1 || A B^2 zieht und C B^2 bis zum Schnitt B^1 verlängert. Man mache nun wieder Winkel A B D = 2 φ, ziehe $B^1 D^1$ || BD, und vervollständige die Konstruktion genau wie in Fig. 236.

Fig. 238.



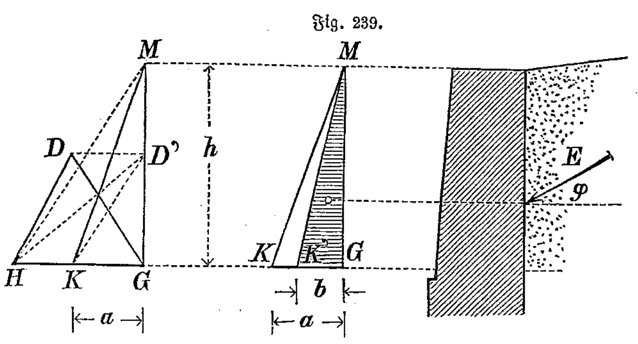
Um den Angriffspunkt des Erddruckes E auf die Futtermauer zu finden, verwandle man das Erddruckdreieck in ein inhaltsgleiches von der Höhe h der Futtermauer. Zu diesem Zweck trage man auf einer Wagerechten durch A das Dreieck G H D an, Fig. 239, mache G M = der

1) **Rebhann**, Theorie des Erddruckes und der Futtermauern.

Höhe h der Futtermauer, ziehe D D′ horizontal, und D′ K ‖ M H, so giebt G K M das gesuchte inhaltsgleiche Dreieck.

Zur einfacheren Gewichtsberechnung verwandelt man das Erddreieck in ein gleichschweres Dreieck aus Mauerwerk, so daß die Gewichte direkt proportional den Flächen sind. Bezeichnen wir das Gewicht pro Kubikmeter Erdmasse mit γ, und das Gewicht pro Kubikmeter Mauerwerk mit G, die Basis des Erddreieckes mit a, die des Mauerwerksdreieckes mit b, so muß mithin sein:

Fig. 239.



$$a \cdot \frac{h}{2} \cdot \gamma = b \cdot \frac{h}{2} \cdot G,$$

und
$$b = \frac{\gamma}{G} \cdot a.$$

Es sei z. B.: γ für feuchten Lehm = 1860 kg,
G für Bruchstein . = 2200 kg,
a = 0,75 m,

dann wird
$$b = \frac{1860}{2200} \cdot 0{,}75 = 0{,}64 \text{ m}.$$

Der hiernach in seiner Größe bestimmte Erddruck E greift unter dem Winkel φ in der Höhe des Schwerpunktes des Dreiecks, d. h. $\frac{h}{3}$ über der Grundlinie an der Rückenfläche der Stützmauer an, Fig. 239.

Wird die Erdmasse noch durch eine Verkehrslast q pro Quadratmeter beansprucht, so muß diese Belastung durch eine gleichmäßig über das Terrain ausgebreitet angenommene gleichschwere Erdschicht dargestellt werden, deren Höhe $h_1 = \frac{q}{\gamma}$ sein muß.

Wäre z. B. q = 400 kg pro Quadratmeter
γ = 1860 kg pro Kubikmeter Erdmasse,
dann würde die Höhe der aufzutragenden Erdschicht betragen:

$$h_1 = \frac{400}{1860} = 0{,}22 \text{ m}.$$

Diese so ermittelte Höhe wird über der Terrainlinie B C aufgetragen, Fig. 240, also B′ C′ ‖ B C; man mache wieder Winkel A B′ D = 2 φ, verlängere A C bis C′, schlage den Halbkreis über A C′, und verfahre nunmehr genau wie in Fig. 236, so ergiebt sich das Erddruckdreieck G H J, das in der angegebenen Weise in das inhaltsgleiche Dreieck G a b von der Höhe h + h_1 verwandelt wird. Dieses würde den Druck auf die Mauerfläche A B′ darstellen; da die wirklich vorhandene Mauer aber nur die Höhe A B besitzt, so wird der auf die Mauerfläche A B wirkende Erddruck durch das schraffierte Trapez G a d c dargestellt. Der Erddruck E greift wieder in der Höhe des Schwerpunktes des Trapezes an, der nach Fig. 241 in einfacher Weise ermittelt werden kann: Man ziehe die Mittellinie $\alpha\beta$, trage die Basisbreite a des Trapezes auf die verlängerte C D nach C F, und die Breite b der obern Seite auf die verlängerte A B nach B E, so giebt der Schnittpunkt von E F mit $\alpha\beta$ den gesuchten Schwerpunkt.

Fig. 240.

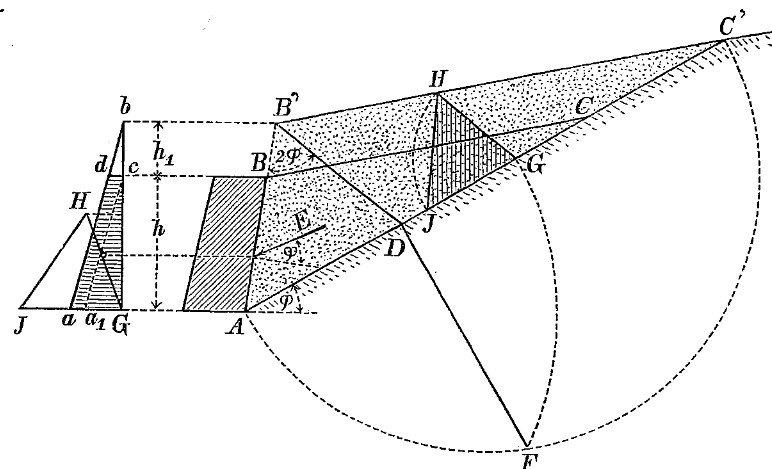


Fig. 241.

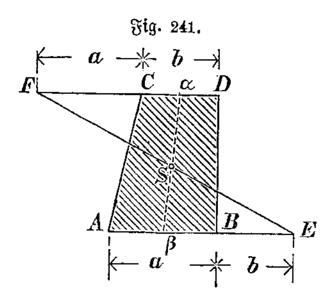
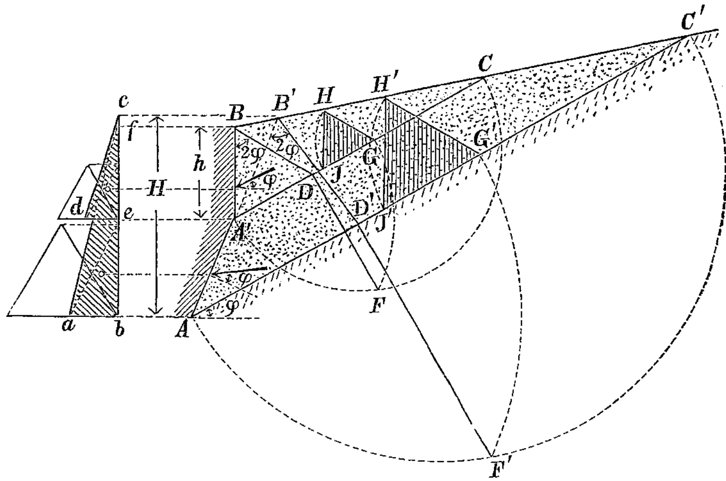


Fig. 242.

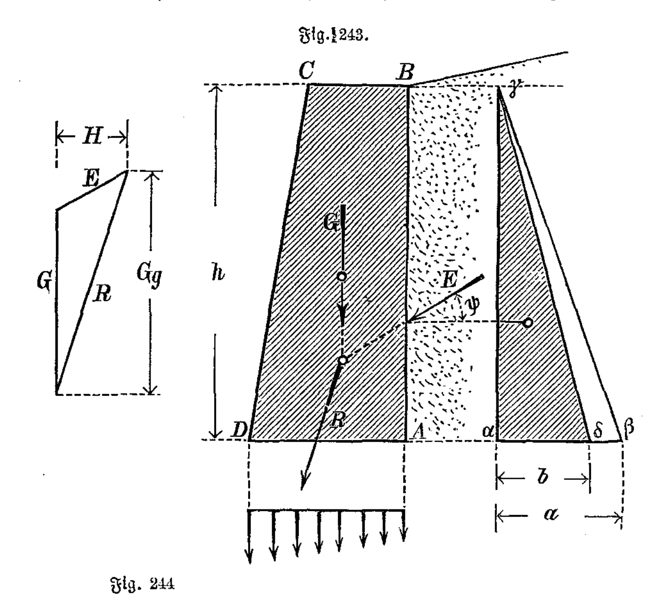


Wenn die Rückenfläche der Stützmauer nicht geradlinig, sondern gebrochen angelegt wird, Fig. 242, so wird zunächst für die obere Fläche nach der in Fig. 236 angegebenen Weise das Erddruckdreieck G H J ermittelt und dasselbe in das inhaltsgleiche Dreieck e d c verwandelt, durch dessen Schwerpunkt eine Horizontale gezogen und mit A B geschnitten, den Angriffspunkt des Erddruckes E ergiebt. Zur Bestimmung des Erddruckes auf den untern Mauerteil verlängere man A A′ nach B′ bis zum Schnitt mit der Terrainlinie, betrachte A B′ als Rückenfläche der Mauer, konstruiere das Erddruckdreieck G′ H′ J′ und verwandle dasselbe in das inhaltsgleiche Dreieck a b c. Dieses Dreieck würde den Druck auf die Mauerfläche A B′ angeben; von dieser ist aber nur das Stück A B vorhanden, dem das trapezförmige Stück a b f des Erddruckdreiecks entspricht. Die Größe des Erddruckes und dessen Angriffspunkt sind daher aus dem Trapez a b f zu ermitteln.

Nachdem Größe, Richtung und Angriffspunkt des Erddruckes bestimmt sind, muß dieser Seitendruck E mit dem Gewichte G der Mauer zur Resultierenden R vereinigt werden, wobei nach den Untersuchungen im § 35 folgende Bedingungen erfüllt werden müssen:

1. Es darf keine Drehung um die äußere Mauerkante erfolgen, die Resultierende R muß daher die Mauerbasis A D durchschneiden, Fig. 243.
2. Der Druck soll sich auf die ganze Mauerbasis verteilen, die Resultierende muß deshalb im Kernstück verbleiben und darf höchstens im Kernrande verlaufen.
3. Die größten Kantenpressungen im Mauerwerk und der Druck auf den Baugrund dürfen das zulässige Maß nicht überschreiten.
4. Der Winkel, den die Resultierende mit den Senkrechten zu den Lagerfugen bildet, darf den zulässigen Reibungswinkel des Materials nicht überschreiten, um ein Gleiten zu verhüten.

Fig. 243.



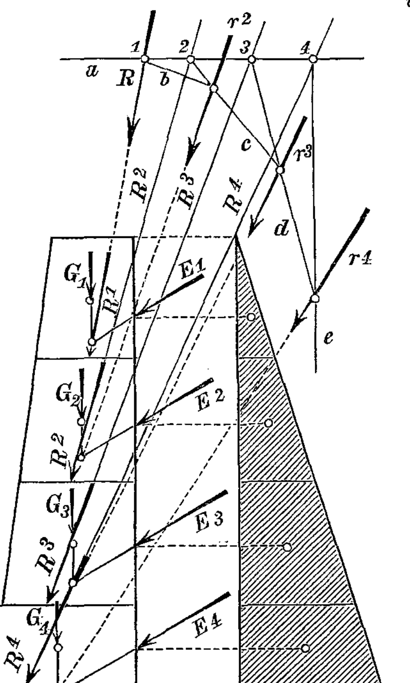
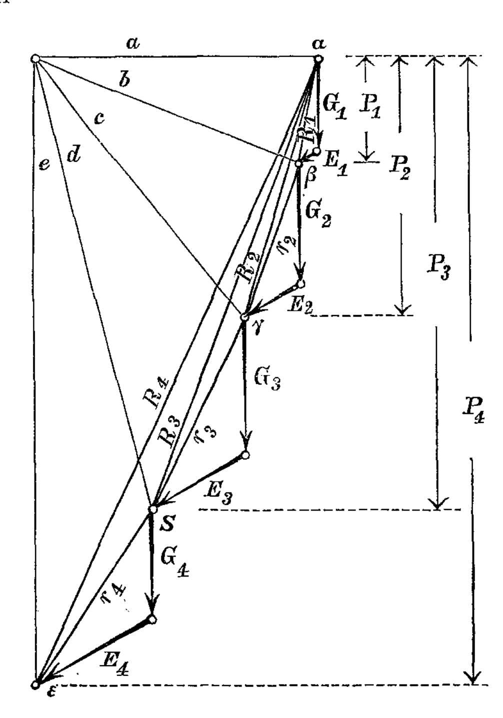


Fig. 244



Man verfahre somit auf folgende Weise:

Nachdem das Erddruckdreieck bestimmt ist, verwandle man dasselbe in das inhaltsgleiche Dreieck $\alpha\,\beta\,\gamma$, Fig. 243, und dieses in das gleichschwere Mauerdreieck $\alpha\,\delta\,\gamma$, dessen Schwerpunktshöhe auf die Mauerlinie A B übertragen, den Angriffspunkt des Erddruckes E ergiebt, der unter dem Winkel φ anzutragen ist. Das Mauergewicht G greift im Schwerpunkt des Trapezes A B C D an; die Größen von G und E sind proportional den Querschnitten. Trägt man nun diese beiden Kräfte nach einem beliebigen Maßstabe nach Größe und Richtung aneinander an und vereinigt sie zur Resultierenden R, so kann diese im Durchschnittspunkt von G und E im Mauerkörper angetragen, der Durchgangspunkt in der Mauerbasis, und hieraus die Druckverteilung unter der Belastung G g und die Beanspruchung auf Gleiten durch die horizontale Kraft H ermittelt werden, siehe § 35, Formel 4—11.

Je nach dem Ergebnis ist die Mauerstärke so abzuändern, daß die vorstehend angegebenen Gleichgewichtsbedingungen erfüllt werden.

Bei größeren Anlagen kann man sich nicht auf die Ermittelung der Schlußresultierenden beschränken, sondern es wird notwendig, den Verlauf der Drucklinie auf die ganze Höhe der Mauer zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden die Mauer und die auf Mauerwerk reduzierte Dreiecksfläche des Erddruckes durch Horizontalschnitte in eine beliebige Anzahl Teile zerlegt, die der Einfachheit wegen innerhalb der einzelnen Mauerkörper von gleicher Höhe genommen werden, Fig. 244. Die Gewichte G_1, G_2, ... der einzelnen Mauerteile und die zugehörigen Erddrücke E_1, E_2, ... werden nun zu einem zusammenhängenden Kräfteplane aneinander gefügt, dann G_1 und E_1 zur Resultierenden R_1, G_2 und E_2 zur Resultierenden r_2, G_3 und E_3 zu r_3, u. s. w. vereinigt und die Parallelen hierzu durch die Schnittpunkte im Mauerkörper gezogen. Zwischen diesen Kräften R_1, r_2, r_3, r_4 wird nunmehr aus einem beliebigen Pole O ein Seilpolygon a b c d e verzeichnet, und durch die Schnittpunkte 2, 3, und 4 dieser Seilstrahlen mit dem Seilstrahl a werden die Parallelen gezogen zu den Resultierenden:

R_2 aus R_1 und r_2,
R_3 aus R_2 und r_3,
R_4 aus R_3 und r_4.

Für jeden einzelnen Mauerteil ergeben sich hiernach die Größe und Richtung der Resultierenden und deren Durchgangspunkt in der zugehörigen Grundlinie, woraus die Beanspruchung, bezw. die erforderliche Abmessung ermittelt werden kann.[1])

Wird die Stützmauer mit Strebepfeilern versehen, so wird die Mauer zwischen den Pfeilern schwächer ausgeführt, so daß sie nur einen Teil des durch den Erddruck ausgeübten Schubes aufzunehmen vermag; der übrige Teil desselben muß auf die Strebepfeiler übertragen werden, die außerdem noch die direkt auf sie wirkenden Beanspruchungen des Erddruckes aufnehmen müssen.

Es sei, Fig. 245, die freie Entfernung zwischen den Strebepfeilern l,

die Breite der Strebepfeiler L,
der Erddruck pro Meter Mauer E,
das Gewicht der Mauer pro Meter G,
das Gewicht eines Strebepfeilers P.

Man ermittle zunächst für die Mauer aus E und G die Resultierende R, so ergiebt sich, daß diese oberhalb der Basis die Mauer verläßt; sie darf aber höchstens im Kernrande die Basis durchdringen, was einer Richtung R o entspricht, so daß mithin ein Horizontalschub von der Größe H pro Meter nicht aufgehoben wird, und auf die Pfeiler übertragen werden muß. Diese Beanspruchung von der Größe H . l wirkt als gleichmäßig verteilte Belastung auf die Mauer und ruft in ihr eine Biegungsspannung hervor, die zu berechnen ist nach der allgemeinen Biegungsgleichung:

$$W = \frac{M}{S}.$$

In dieser Gleichung bedeuten:

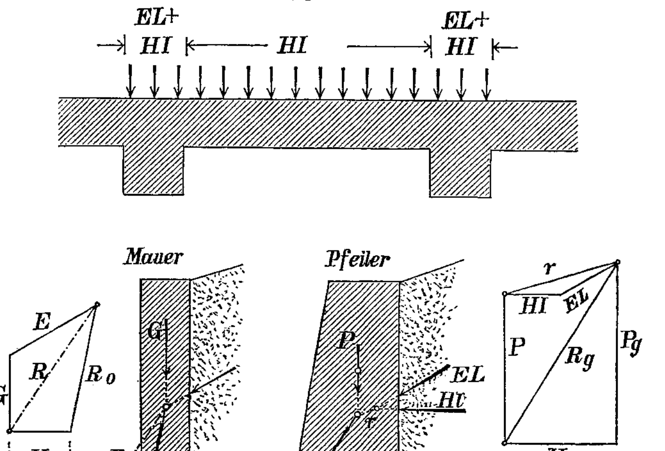
W das Widerstandsmoment des Querschnitts; ist die Mauerstärke b, und die Höhe h, so wird im vorliegenden Fall $W = \frac{h\,b^2}{6}$.

M das Moment der äußern Kräfte, und hier

$$= H \,.\, l \,.\, \frac{l}{8} = \frac{H \,.\, l^2}{8}.$$

S die Biegungsbeanspruchung für Mauerwerk, die zu 1—1,5 kg/qcm anzunehmen ist.

Fig. 245.



Es ist somit:

$$\frac{h\,b^2}{6} = \frac{H \,.\, l^2}{8S}$$

und hieraus die freie Länge l der Mauer:

$$l = 2\,b\sqrt{\frac{h\,S}{3\,H}}.$$

Auf den Pfeiler selbst wirken der Erddruck E L und der Horizontalschub H l, die zusammen die Resultierende r ergeben; r und das Pfeilergewicht P bilden die Resultierende R g, für deren Verlauf wieder die vorstehend an-

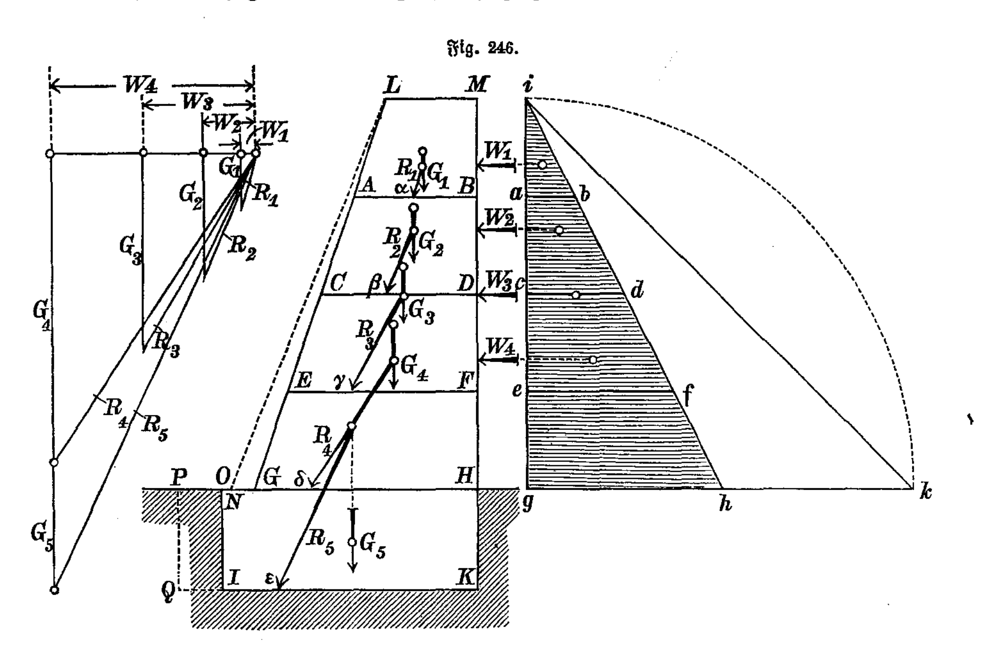
1) Die Methode ist ähnlich derjenigen für die Bestimmung der Drucklinie in Gewölben und Widerlagern, und wir verweisen deshalb auf Kap. III, § 10—12, wo auch die hierher gehörigen Sätze der graphischen Statik entwickelt sind.

gegebenen Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sein müssen. Der Bodendruck berechnet sich aus dem Gewicht Pg, und die Sicherheit gegen Verschieben aus der Horizontalbeanspruchung Hg.

Hat die Mauer einen Wasserdruck aufzunehmen, so entsteht die größte Beanspruchung, wenn der Wasserspiegel mit der Mauerkrone LM abschneidet, Fig. 246. Der größte Wasserdruck ist dann gleich dem Gewichte eines Wasserprismas vom Querschnitt des Dreiecks g k i, wobei g i = g k ist. Dieses Wasserdreieck wird auf das gleichschwere Mauerdreieck g h i reduziert, und nunmehr die Mauer und das Dreieck in eine Anzahl gleichhoher Lamellen zerlegt; man bestimmt dann die Gewichte und die Schwerpunkte des obersten Mauerteiles A B L M und des Dreieckes a b i, und setzt den Horizontalschub W_1 mit dem Gewichte G_1 zur Resultierenden R_1 zusammen, die die Fuge A B im Punkte α durchschneidet.

Man bildet jetzt die Schwerpunkte des Mauertrapezes C D L M und des Dreiecks c d i — also des über der Fuge C D liegenden Stückes von der Höhe D M —, und setzt W_2 mit G_2 zur Resultierenden R_2 zusammen, die die Fuge C D in β schneidet.

Fig. 246.



In derselben Weise ergeben W_3 aus dem Dreieck e f i und G_3 vom Trapez E F L M die Resultierende R_3, W_4 aus dem Dreieck g h i und G_4 aus dem Trapez G H L M die Resultierende R_4, und schließlich R_4 und G_5 die Resultierende R_5, die in ε die Fundamentsohle durchschneidet. Es ergiebt sich, daß die Durchgangspunkte γ, δ und ε außerhalb des Kernstückes liegen, und die Mauer muß daher verstärkt werden nach Q P O L.

Zweites Kapitel.

Gesimse, Balkone und Erker.

§ 1.

Allgemeines über die Gesimse.

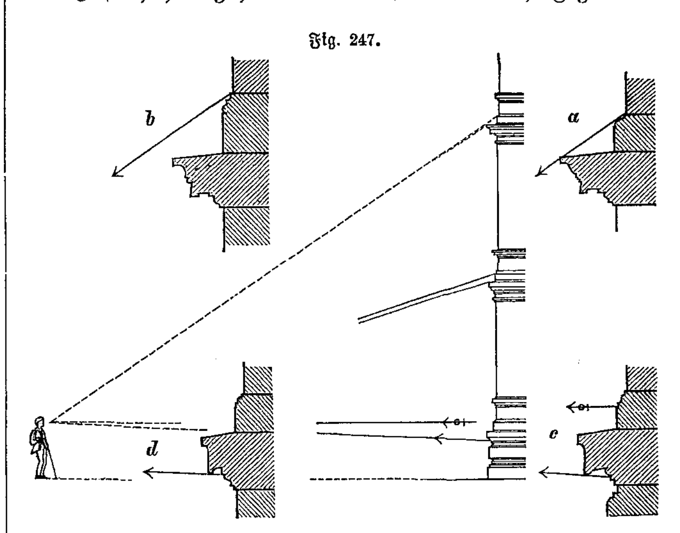
Bei den Gesimsen haben wir zu unterscheiden:

a) Fußbildende: Sockelgesimse, Fußgesimse.
b) Trennende: Gurtgesimse, Gurten.
c) Krönende: Hauptgesimse, Verdachungen.
d) Umrahmende oder einfassende: Fenster- und Thürumrahmungen.

Die Gesimse bilden sich durch Zusammensetzung einzelner Bauglieder, die in der Weise anzuordnen sind, daß die jeweilige Bedeutung des Gesimses — zur Trennung, Begrenzung oder Bekrönung — klar ausgedrückt wird. Von der Art der Zusammenstellung der Bauglieder, sowie von ihren Größenverhältnissen zu einander und zu dem Architekturteile, an dem sie sich befinden, hängt zunächst die Wirkung der Gesimse ab. Beim Entwerfen wird deshalb der Zweck, dem die Gesimse zu dienen haben, zu berücksichtigen sein; ferner der Charakter des Gebäudes, wovon Ausladung, Höhe, Form und Verhältnis des ganzen Gesimses und seiner Teile abhängen. Auch das Material übt einen bestimmenden Einfluß auf die Form und den Charakter der Gesimse aus, so daß sich steinerne, hölzerne und metallene Gesimse wesentlich voneinander unterscheiden; die Farbe des Materials darf dabei nicht unberücksichtigt bleiben, da gewisse Formen bei hellem Material noch deutlich zu erkennen sind, die sich bei dunklem Material in gleicher Entfernung undeutlich zeigen, oder überhaupt nicht mehr wahrgenommen werden können.

Die für den Beschauer möglichen Standpunkte, sowie die Höhenlage über dem Horizont sind für die Gestaltung der Gesimse wichtig. So muß z. B. ein Fußgesims im zweiten Obergeschosse eines Gebäudes an einer Straße von ca. 12 m Breite eine andere Durchbildung erhalten, als ein Fußgesims in Horizonthöhe, etwa am Brüstungsfuß des Erdgeschosses, wie Fig. 247 deutlich erkennen läßt. Denn ein Fußgesims in der Fig. 247 bei a angenommenen Profilierung würde von dem entferntesten Standpunkte, der möglich ist, überhaupt nicht mehr zur Wirkung kommen; die Profilierung muß hier steiler und der Fuß höher gehalten werden, etwa nach Fig. 247 b.

Fig. 247.



Dagegen würden bei der Sockelgurte nach Fig. 247 c die Unterglieder für den Beschauer völlig verschwinden; hier muß die Profilierung stumpfer gehalten werden. Fig. 247 d.

Konstruktion und Form der Gesimse sind verschieden, je nach dem Material, aus dem sie hergestellt werden; es sind deshalb zu unterscheiden:

a) Gesimse aus Hausteinen,
b) Gesimse aus künstlichen Steinen (Backsteinen, Terrakotten),
c) Putzgesimse auf Vormauerungen.

A. Fuß-, Gurt- und Hauptgesimse.

§ 2.

Die Sockelmauern, die Fußgesimse.

Der Sockel hat den Zweck, dem Gebäude einen Fuß zu geben, durch den es vom Boden getrennt, gleichsam abgehoben wird; er muß aus dauerhaftem Material hergestellt werden, damit er der Bodenfeuchtigkeit widerstehen und nicht leicht beschädigt werden kann. Der Sockel hat somit einen konstruktiven und einen formalen Zweck; insbesondere ist der letztere wichtig, da ein Gebäude ohne Sockel wie in den Boden versenkt erscheint.

Die fußbildende Eigenschaft des Sockels verlangt eine Verbreiterung, Verstärkung der Mauer, so daß die Sockelflucht vor die obere Mauerflucht vorspringt, wodurch zugleich die Stabilität der Mauern erhöht wird. Diese vermehrte Stabilität wird insbesondere zum Ausdruck gebracht durch eine Sockelmauer aus verhältnismäßig großen Quadern mit vortretenden mehr oder weniger rauhen Polstern, gleichmäßig fortlaufend, ohne viele Unterbrechungen und Verkröpfungen. Auch ist dunkelfarbiges Material dem hellen vorzuziehen, wie überhaupt der Sockel dunkler, jedenfalls aber nicht heller als die Stockmauer sein soll.

Der architektonisch durchgebildete Sockel besitzt die Dreiteilung; er besteht aus:

a) dem Sockelfuß, der auf den Boden überleitet;
b) der eigentlichen Sockelmauer, dem Rumpf;
c) der abdeckenden Sockelgurte, dem Sockeldeckel.

Die Sockelmauer wird entweder aus Bruchsteinen oder aus Backsteinen hergestellt und kann mit Quadern oder mit Platten verkleidet werden.

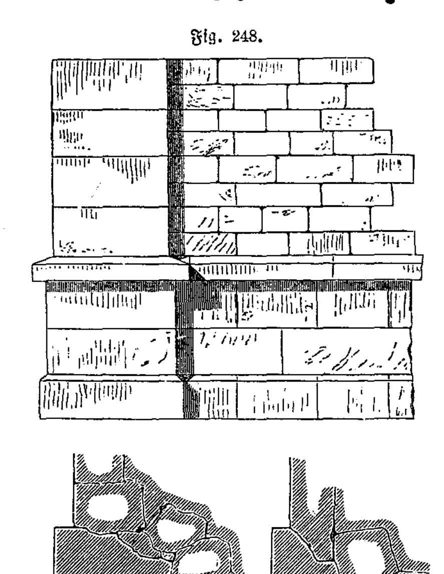
Besteht die Sockelmauer aus Bruchsteinen ohne Verkleidung, so wird das Mauerhaupt gewöhnlich mit „hammerrechten“ Steinen von 12—15 cm Höhe in wagerechten Schichten ausgeführt, d. h. mit Steinen, die mit dem Mauerhammer zugerichtet werden; die Fugen werden mit gefärbtem Cementmörtel „ausgefugt“.

Bilden Backsteine das Material der Sockelmauer, so dürfen, besonders für die Außenflächen, nur harte, widerstandsfähige und wetterbeständige Steine verwendet werden; bei Anordnung von Gesimsen müssen besondere Formsteine angefertigt werden.

Quaderverkleidungen aus dauerhaftem Material eignen sich besonders zur Herstellung der Sockelmauern; ihre Konstruktion wird nach dem früher Mitgeteilten keine Schwierigkeit bieten.

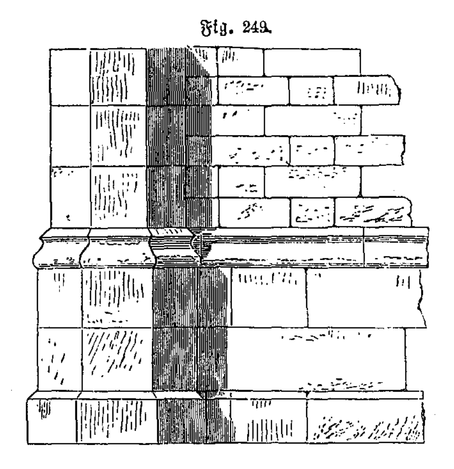
Die Ecken der Sockelmauern sowohl wie die der Stockmauern können nach Fig. 248—250 ausgezeichnet und verstärkt werden (Lisene, Eckpfeiler, Quaderkette). Der Verband ist in zwei aufeinander folgenden Schichten dargestellt. Die Quaderkette, Fig. 250, kann nach a oder b

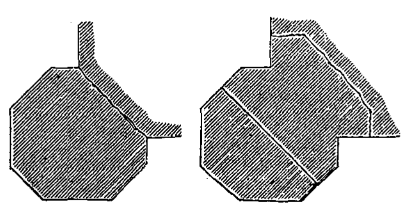
Fig. 248.



gestaltet werden, wonach die Steine rechteckige oder quadratische Lagerflächen erhalten. Die Form a, die besonders im Mittelalter beliebt war, erfordert weniger Material als die Anordnung nach b.

Fig. 249.

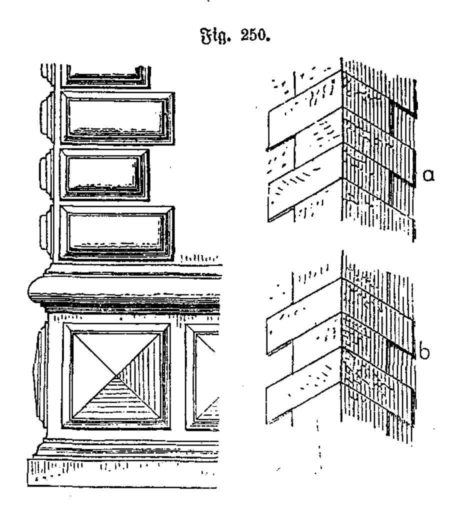




Wählt man Platten zur Verkleidung der Sockelmauern, so muß man besonders darauf Bedacht nehmen, daß sie, da die Lager aufrecht gestellt werden, nicht blätterig,

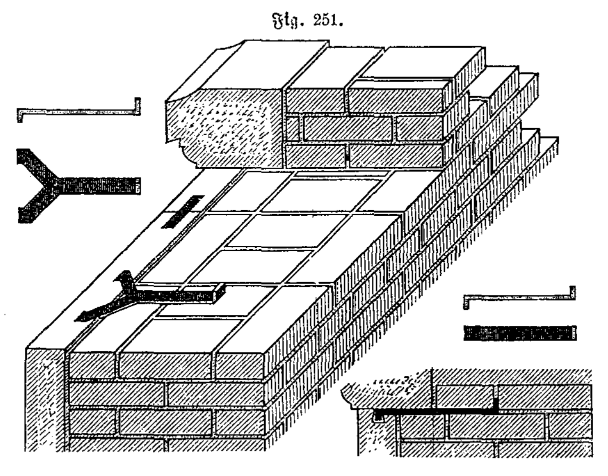
„lagerig" sind, weshalb man am besten vom Felsen geschrotene Platten, „Felsenplatten", verwendet. Um ihnen Halt zu geben, werden sie entweder stumpf aneinandergestoßen und durch eingegossene Steinklammern unter sich

Fig. 250.



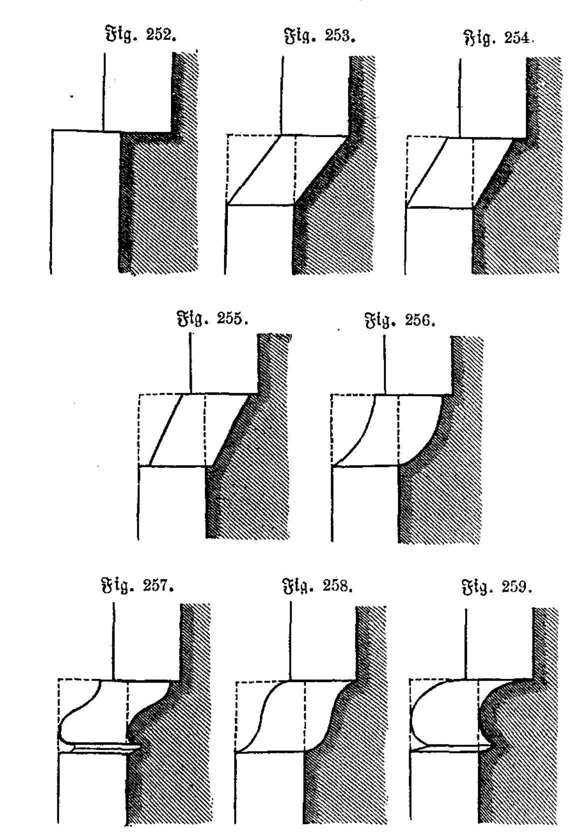
und mit dem Sockelmauerwerk zusammengehalten, Fig. 251, oder sie werden nach Fig. 1, Taf. 13, in den Sockelfuß und in den Sockeldeckel etwa 3 cm tief eingesetzt; der Sockeldeckel darf jedoch nicht auf den Platten aufsitzen, sondern es muß ein etwa 4 mm großer Spielraum bleiben, da sonst infolge des Setzens der Mauern die Gliederung des Sockeldeckels abgedrückt werden kann.

Fig. 251.

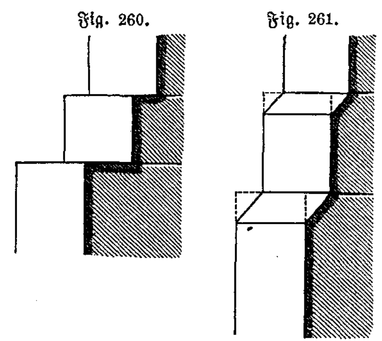


Wo irgend durchführbar, sollten die Plattenverkleidungen am Sockel vermieden werden, da sie unter dem Einfluß der Bodenfeuchtigkeit bald verwittern, wenn nicht ein ganz vorzügliches Material zur Verwendung gelangt. Der Sockelfuß selbst sollte unbedingt und unter allen Umständen aus Steinen konstruiert werden, die auf ihr natürliches Lager verlegt und durchaus wetterbeständig sind. Am besten eignen sich hierfür die Granite, die von unvergänglicher Dauer sind und der Bodenfeuchtigkeit unbedingt widerstehen.

Als einfache, kantige, vor die Stockmauer vortretende Unterlage aus einer oder mehreren — aber bündigen — Schichten zusammengesetzt, erscheint der Sockel, welcher in Fig. 252 angedeutet ist, in primitivster Art, nur dem Zweck entsprechend. Auf diese Unterlage, welche wir „einschichtige" benennen möchten, wirken in lotrechter

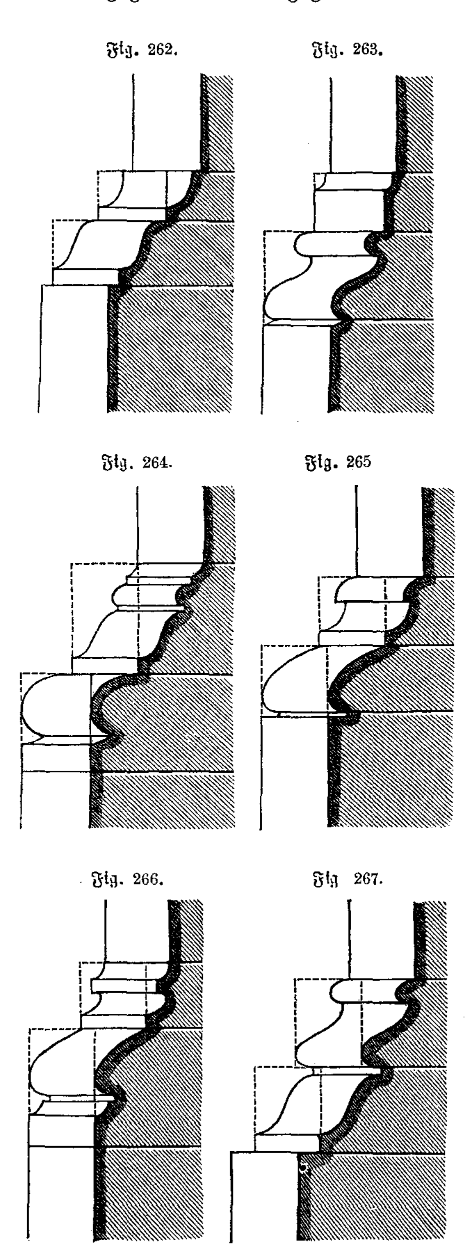


Richtung Kräfte oder Gewichte, deren Wirkung auf die Unterlage nur durch Bauglieder, oder deren Zusammensetzung, durch das Gesimse, ausgedrückt werden kann, wovon in den Fig. 253—259 Beispiele einfachster Art gegeben sind.



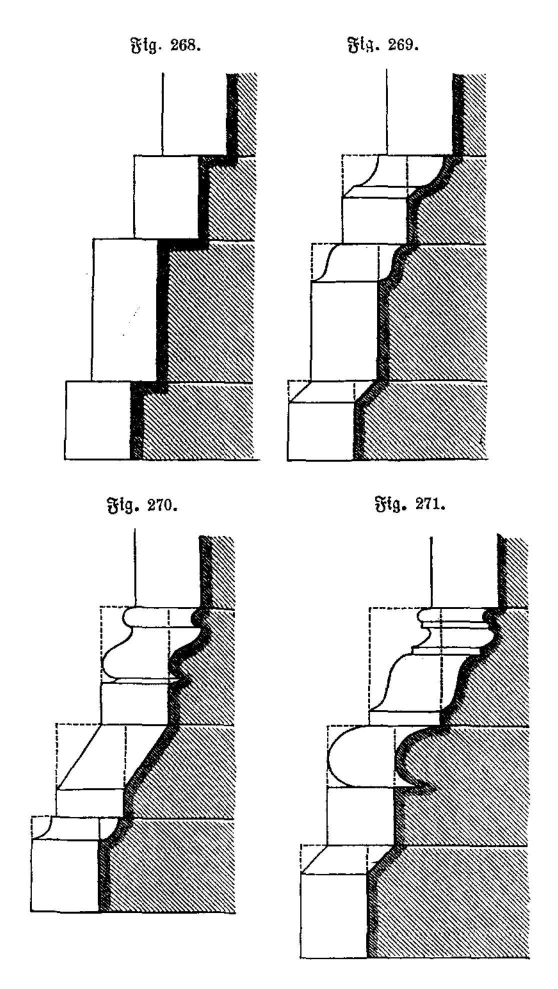
Denken wir uns die einschichtige Unterlage auf eine zweite, ebenfalls vorspringende gesetzt, so ergiebt sich der „zweischichtige" Sockel, Fig. 260, und Beispiele der Gliederung zeigen die Fig. 261—267.

Auf ähnliche Weise erhält man den „dreischichtigen“ Sockel, Fig. 268, und Beispiele der Gesimsbildung dieser Art sind in den Fig. 269—271 gegeben.



Diese Einteilung in eine, zwei oder mehrere vortretende Schichten oder Teile bezieht sich nicht allein auf den ganzen Sockel, sondern auch auf dessen Gesims.

Während der Sockelfuß stets mit einer überführenden, verbreiternden Profillinie gebildet wird, kann die Sockelgurte, der Sockeldeckel, überführend und abdeckend sein. So sind die in Fig. 275, 277—280 dargestellten Gurten überführend, die in Fig. 272 u. 276 abdeckend, und die in Fig. 281 u. 282 unter Beiziehung des Sockelfußes der Brüstung des Erdgeschosses überführend und abdeckend.



Werden die Fußgliederungen oder die Sockeldeckel in künstlichen Steinen ausgeführt, so können hierzu verwendet werden:

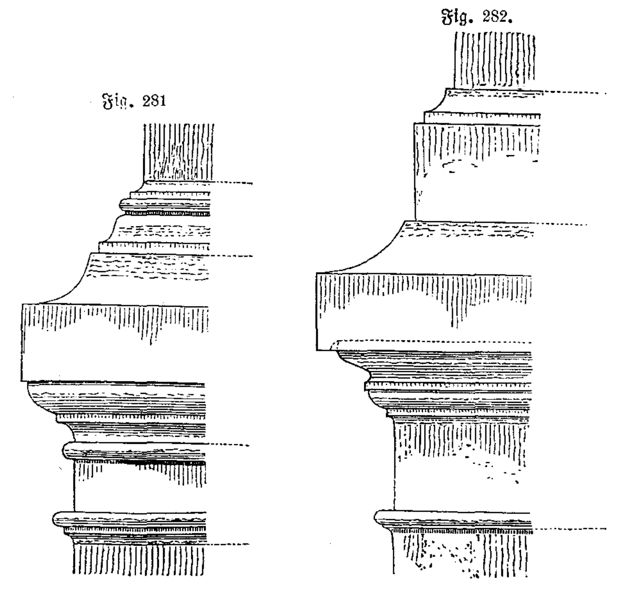
1. die Normalformsteine (siehe hierüber § 3 u. Fig. 306); Beispiele zeigen Fig. 283—285.
2. Formsteine verschiedener Art, die jeweils besonders hergestellt werden müssen, Fig. 286—287.
3. Feinere Terrakotten, Fig. 288 und 289, die häufig ornamentiert sind und nach dem heutigen Stande der Ziegeltechnik in vorzüglicher Ware und in bedeutenden Abmessungen geliefert werden können.

Eine Zusammenstellung von Sockelbildungen verschiedenster Art ist auf Taf. 13 gezeichnet, und zwar stellen die Fig. 1—4 und 7—10 solche aus Werkstücken und Platten, die Fig. 5 u. 6 dagegen solche aus Backsteinen mit massiver Unterlagschicht vor.[1])

[1]) Fig. 2 stellt den aus rotem Sandstein erbauten Sockel des Theaters in Karlsruhe vom † Baudirektor Hübsch dar; Fig. 7 den aus weißem und grünem Marmor — mit Ausnahme der untersten Schichten — bestehenden Sockel des Domes zu Florenz, und Fig. 8 den aus weißem Marmor gebildeten Pfeilersockel der Kirche Or San Michele in Florenz.

Fig. 272. Fig. 273. Fig. 274. Fig. 275.

Fig. 276. Fig. 277. Fig. 278. Fig. 279. Fig. 280.


Fig. 281 Fig. 282.

Eine besondere Ausbildung haben die Säulenfüße erhalten; Fig. 290 u. 291 zeigen einige Beispiele.

Konstruktive Schwierigkeiten sind mit der Ausführung nicht verbunden, nur bezüglich des Fugenschnittes ist zu beachten, daß namentlich bei monolithen (aus einem Stücke bestehenden) Säulen oder Pilastern die Fuge nicht in den Schaft, nach a, sondern unter das obere nicht zu schmale Plättchen, nach b, verlegt wird, Fig. 292.

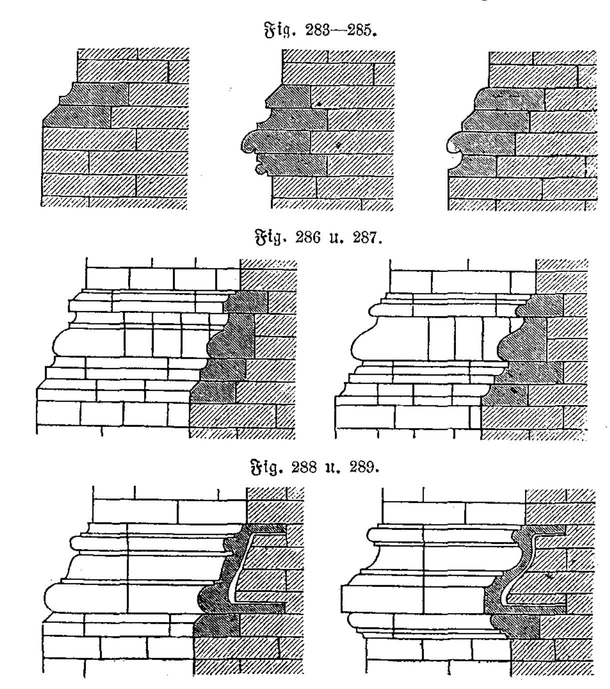

Fig. 283—285.

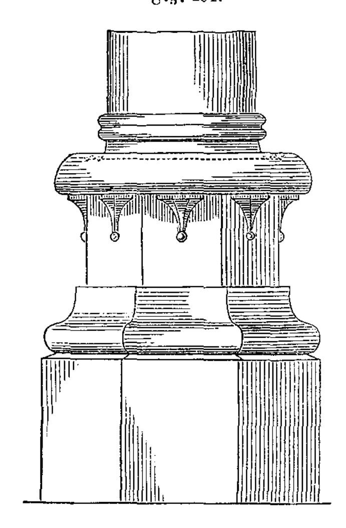
Fig. 286 u. 287.

Fig. 288 u. 289.

Ist dies nicht zu erreichen, oder wird der Säulenschaft aus mehreren Trommeln zusammengesetzt, so muß die besondere Aufmerksamkeit auf einen guten und schönen Fugenschluß gerichtet werden. Interessant ist die Konstruktionsweise, die beim Aufbau der Säulen an den griechischen

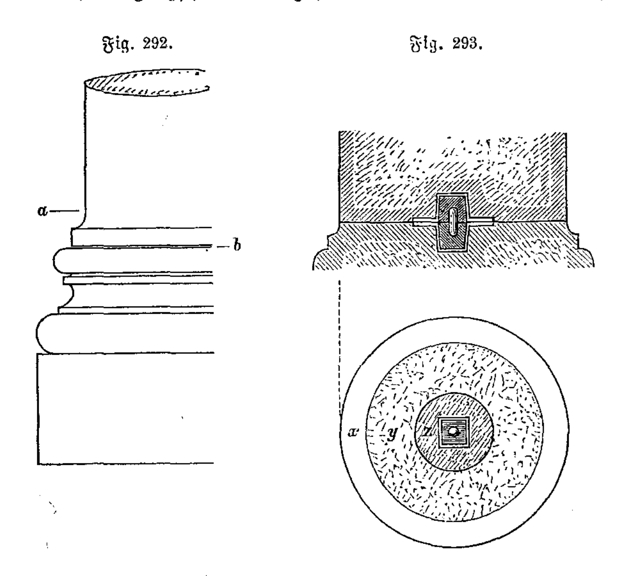
Fig. 290.

Fig. 291.



Tempeln angewendet wurde.[1]) Um scharfe dichtschließende Fugen zu erhalten, wurden die Lagerflächen in der Mitte (z, Fig. 293) etwas tiefer geschafft und nur das nach außen liegende Ringstück zum Tragen verwendet. Dabei ist der Randstreifen x dieser Fläche feiner bearbeitet als der weiter nach innen liegende y, in dem sich meist noch Spuren von Tiefschlägen des Zweispitzes finden. Die zum Tragen bestimmten Ringflächen sind überschliffen, ein letztes Zurichten erfolgte durch eine rotierende Bewegung der aufeinander liegenden Trommeln um einen im Centrum liegenden Holzstift. Die Lagerflächen haben in der Mitte Löcher von etwa 13 cm Seitenlänge und Tiefe, in die prismatische Holzpflöcke eingesteckt wurden, die unter sich

Fig. 292. Fig. 293.



durch cylindrische Dollen verbunden waren; diese waren in dem unteren Prisma fest, während das obere um sie beweglich war, wodurch eine Drehung ohne Verschiebung der Trommelmittelpunkte möglich wurde. Diese Holzpflöcke dienten also nicht zum Festhalten der Trommeln, wozu sie auch im Verhältnis zur Größe der Steine zu schwach waren.

§ 3.

Die Gurtgesimse.

Die Gurtgesimse dienen zur wagerechten Gliederung der Fassaden; wir unterscheiden Stockgurten, die in der Höhe der Stockgebälke liegen, Fensterbankgurten, Kämpfergesimse u. dergl. Die Gurten sollen gleichzeitig das an der Fassade herablaufende Wasser stellenweise ableiten, weshalb sie mit Wasserschräge und Wassernase versehen werden.

Wenn die äußeren Fluchten der übereinander stehenden Stockmauern in einer lotrechten Ebene aufgeführt werden, so scheinen, besonders in engen Straßen, die oberen Fluchten überzustehen; es empfiehlt sich deshalb, die oberen Fluchten um einige Centimeter gegen die unteren zurückzusetzen, wodurch die unangenehme Wirkung vermieden wird. Zur Vermittelung dieser äußeren Absätze dienen wieder die Gurtgesimse.

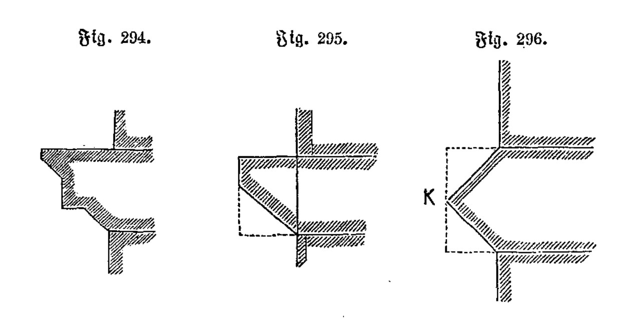
Die Gurtgesimse der Antike und der Renaissance bestehen in der Hauptsache aus 3 Teilen: aus der Bekrönung der Platte oder dem Obergesims, aus der

---

[1]) Handbuch der Architektur. I. Teil, II. Bd. (1. Aufl.), S. 67.

Platte selbst, und aus dem Untergesims, dem Unterglied, das den Übergang nach der lotrechten Mauerflucht vermittelt. (Schema: Fig. 294.) Bei größeren und reicheren Gesimsen ist das Untergesims an Stelle einer durchlaufenden Gliederung häufig aufgelöst in Zahnschnitte, Balkenköpfe, Konsolen u. dergl., die wieder von Unter- und Obergliedern eingesäumt werden; die Tragsteine, Konsolen, können durch kleine Bogen miteinander

Fig. 294. Fig. 295. Fig. 296.



verbunden sein: Bogenfriese. Die reiche Wirkung der Gurtgesimse wird wesentlich erhöht, wenn sie nach dem antiken Schema von Fries und Architrav begleitet sind, und wenn sie, wie dies bei den Stockgurten häufig der Fall ist, gleichzeitig mit der dreiteiligen Brüstung — bestehend aus Brüstungsfuß, Brüstungsrumpf und Brüstungsdeckel — auftreten.

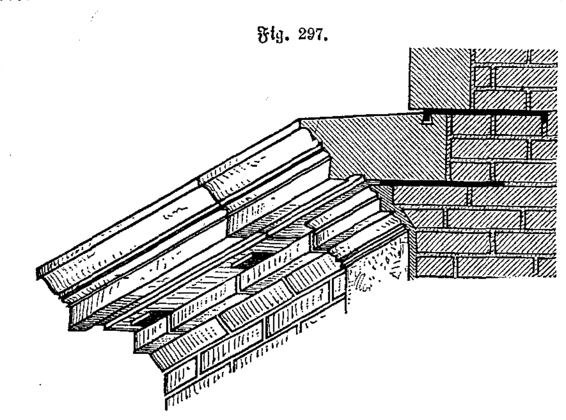
Bei dem einfachen „Gurtband, Band“, das nur eine Teilung der senkrechten Fläche oder eine Verknüpfung, Verbindung, in wagerechtem Sinne bezweckt, kann Oberglied und Unterglied oder nur das Oberglied fehlen.

Tafel 14 zeigt einige Motive von Gurtgesimsen der Renaissance, die weiterer Erläuterung nicht bedürfen.

Die Gurtbildungen der mittelalterlichen Baukunst weichen von diesem Schema ab; in der romanischen Periode bleibt der obere Teil der Platte erhalten, während der untere Teil durch eine Abschrägung entfernt wird; dadurch entsteht die einfache romanische Gurte, Fig. 295. An Stelle der Schräge, die oft ornamentiert wird, treten auch einfache Bauglieder in mannigfacher Anordnung, wovon auf Taf. 15, Fig. 1—14, einige Beispiele gegeben sind. Die Gurten Fig. 10 aus dem Wormser und Fig. 11 aus dem Limburger Dom, sowie Fig. 13 aus dem Baptisterium in Pisa zeigen jedoch noch im Prinzip das antike Schema. Die Gurtgesimse der romanischen Bauten am Rhein stehen häufig in Verbindung mit dem sägeförmigen romanischen Zahnschnitt, Fig. 8, und mit dem Rundbogenfries, Fig. 12, Taf. 15.

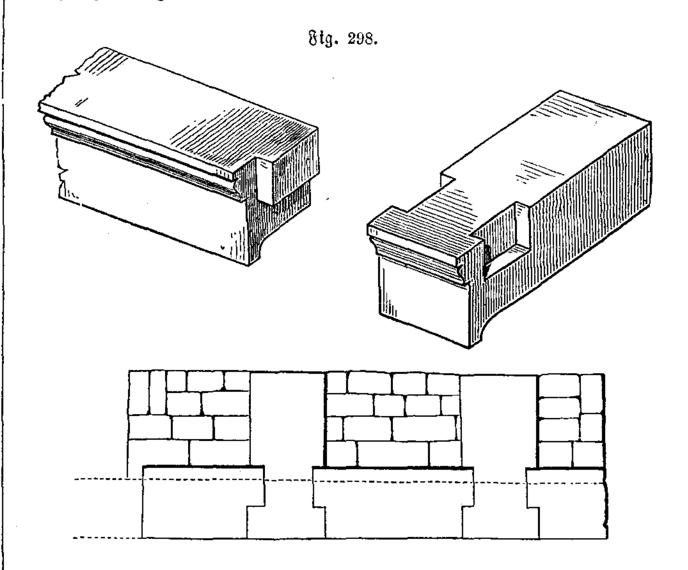
Eine andere Grundform bietet die Gurte der gotischen Bauperiode (1220—1500), die in Fig. 296 dargestellt ist, und bei der von der Platte nichts mehr übrig bleibt als die Kante k, in der sich die beiden schrägen Flächen gewöhnlich unter einem rechten Winkel schneiden; die obere Fläche bildet die Wasserschräge, während die untere entweder in einfacher Weise nach Fig. 15, Taf. 15, durch eine Kehle unterbrochen oder durch verschiedene Gliederungen ersetzt wird, wie die Fig. 15—28 zeigen; die Gurten Fig. 26 u. 27 erinnern noch an die Platte der romanischen Gurte.

Fig. 297.



In konstruktiver Hinsicht bieten diese Gesimse mit ihren verhältnismäßig geringen Ausladungen keine Schwierigkeiten, da es wohl in den allermeisten Fällen möglich ist, die Gurten so weit in die Mauer einbinden zu lassen, daß die Steine ein sicheres Auflager erhalten, d. h. daß der Schwerpunkt jedes Steines noch über die Unterstützungsfläche zu liegen kommt.

Fig. 298.



Wenn in besonderen Fällen wegen der Kostspieligkeit des Materials oder wegen schwieriger Beschaffung genügend großer Stücke ein ausreichendes Einbinden der Gurtstücke nicht zu ermöglichen ist, so muß eine Befestigung mit Eisenklammern vorgenommen werden. Fig. 297 zeigt eine solche Konstruktion, bei der die Gurtstücke auf vortretende Flach-

eisen gelegt und oben durch Steinklammern mit dem Mauerwerk verbunden werden; die 1,00—1,50 m langen Gesimsstücke erhalten je 2 oder 3 Eisenstäbe und Klammern. Unter den Flachschienen kann das Unterglied in Putz gezogen oder in besonderen Gesimsstücken hergestellt werden.

Eine andere, wenig empfehlenswerte Konstruktion zeigt Fig. 298, wonach lange, ganz wenig eingreifende Läuferstücke in seitliche Falzen entsprechend tief eingreifender Bindersteine „eingehängt" werden.

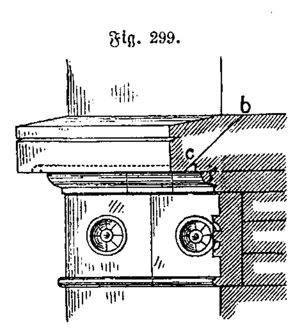
Wenn durch diese Konstruktionen auch viel Material erspart wird, so ist doch zu beachten, daß ein sorgfältiges genaues Versetzen der Steine nur mit großen Schwierigkeiten möglich ist und die Anordnungen so viel Mehraufwand an Arbeitslohn erfordern werden, daß die Ersparnis gegenüber genügend einbindenden Läuferstücken nicht groß ist. Die in Fig. 297 u. 298 dargestellten gekünstelten Konstruktionen sollten deshalb, wo immer möglich, vermieden werden.

Über die Behandlung der Stoßfugenflächen ist das Nötige mitgeteilt worden, siehe Fig. 163.

Nicht geringe Schwierigkeit verursacht die Dichtung der Stoßfugen, da das gewöhnliche Ausfugen mit Cementmörtel wegen des Schwindens desselben und der durch den Temperaturwechsel veranlaßten Größenänderung der Steine nicht von Dauer und unschön ist, und es sollte zur Erreichung einer sauberen Arbeit das Ausfugen besser ganz unterbleiben.

Werden die Stoßfugenflächen in der in Fig. 163 angegebenen Weise nur mit einem ca. 5 cm breiten Saumschlag umgeben und die mittlere Fläche tiefer gelegt und rauh behandelt, so ist es möglich, den innern, etwa 1 cm breiten Fugenraum durch einen 1—2 cm weiten Gußkanal a, Fig. 163, mit Cementmörtel auszugießen; dadurch wird das äußere Ausfugen überflüssig und die Fuge erhält eine haltbarere und bessere Dichtung. Diese empfehlenswerte Konstruktion ist bereits bei den griechischen Tempelbauten zur Anwendung gekommen.[1])

Fig. 299.

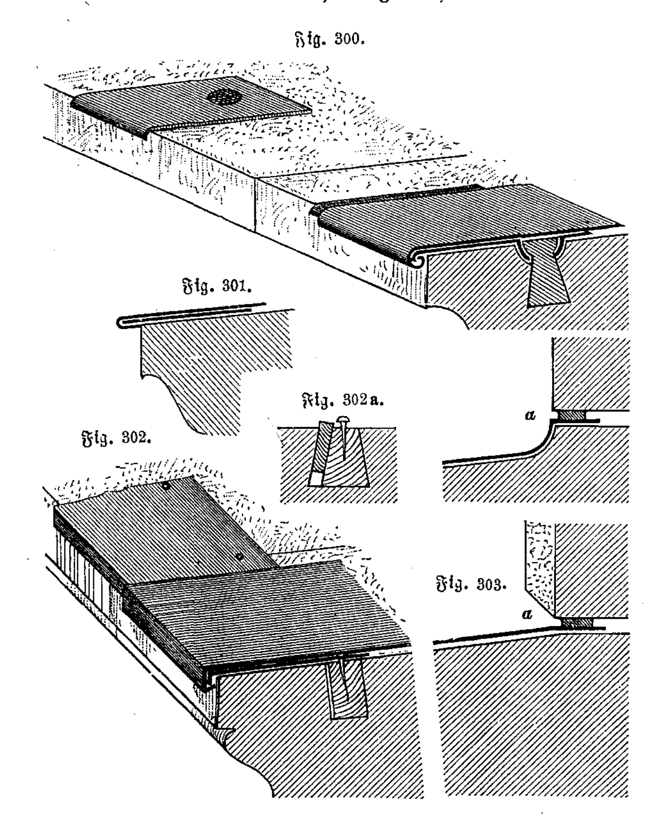


Eine andere Methode, das durch die Fugen dringende Regenwasser von der Fassade abzuleiten, besteht darin, daß die Stoßfugenflächen zweier Gurtstücke, Fig. 299, aufeinander passende Nuten von zusammen 3 cm Tiefe und 1 cm Breite erhalten, die mit dünnem Cementbrei ausgestrichen werden; nach dem Zusammenpassen der Gurtstücke wird dann von oben in die Nut ein Zinkstreifen eingeschoben, der das in die Fuge dringende Wasser an seinem unteren Ende abtropfen macht.

Um das Eindringen des Wassers zu verhindern,[1]) kann man auch die mit Cement von oben her ausgestrichenen Fugen an der obern Fläche der Steine auf eine Breite von etwa 10 cm mit dicker Ölfarbe im Steinton überstreichen; der Anstrich muß jedoch von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Ist der Stein sehr porös, so daß sich leicht Moose an ihm ansetzen, die zu seiner raschen Zerstörung beitragen, so thut man gut, die ganze obere Fläche der Gurte mit Ölfarbe zu überziehen.

Mehr als diese wenig erfolgreichen Mittel empfiehlt sich das Abdecken der größern Gurtgesimse mit Zinkblech Nr. 12, 13 oder 14, oder besser mit Kupferblech, da hierdurch die Steine vor der Verwitterung geschützt werden und das Eindringen von Wasser in die offenen Stoßfugen, sowie das häßliche Schwarzwerden der Gurtplatte durch das Abschwemmen des auf der Gurte sich ablagernden Rußes und Staubes und die Mooswucherung verhindert werden.



Die Befestigung der Bleche auf der Gurte geschieht auf verschiedene Weise:

1. Der obere (hintere) Blechrand a, Fig. 303, wird einige Centimeter in die Lagerfuge eingeschoben und mit Blei verstemmt, oder in Abständen von etwa

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, I. Bd., S. 94. (1. Auflage.)

1) Siehe auch Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 320.

30 cm mit kleinen Streifen von verzinktem Eisenblech verkeilt und die Fuge sorgfältig mit Cementmörtel ausgefugt. Ist die Oberwand verputzt, so empfiehlt es sich, den Putz abzufasen und nicht etwa bis auf das Blech anzuputzen, da er in diesem Fall wegen der Bewegungen des Bleches und unter dem Einfluß des Spritzwassers keine Haltbarkeit besitzt, Fig. 303.

2. Der vordere Blechrand steht um 1—2 cm über die vordere Steinkante vor und wird in geeigneter Weise aufgerollt oder umgebogen, um ein Abtropfen des Wassers zu ermöglichen und ein Herablaufen an der Hängeplatte zu verhindern, Fig. 300—302. Ein stärkeres Vortreten ist nicht zu empfehlen, da sonst das Blech leicht durch den Wind gehoben wird. Die Befestigung des vordern Randes, bei der die Beweglichkeit des Bleches gewahrt bleiben muß, kann auf verschiedene Weise erfolgen:

a) Durch Vorstoßbleche aus starkem, verzinkten Eisenblech von 8—10 cm Breite, die auf die ganze Gesimslänge durchlaufen und in Entfernungen von etwa 40—50 cm mit verzinkten Nägeln auf kleinen Dübeln befestigt werden. Das Vorstoßblech erhält vorn eine Abbiegung nach unten, in die das Deckblech mit entsprechender Umbiegung eingreift, Fig. 302.

Diese kleinen Dübel, welche aus trockenem, mit Holzteer oder sonst in geeigneter Weise imprägnierten Eichenholz hergestellt werden, sollen nur nach der Längenrichtung des Gesimses, nicht auch gegen den äußeren Rand im Dübelloch spannen, Fig. 302 u. 302a.

Die Befestigung des Vorstoßbleches kann auch durch Bleidübel erfolgen, was jedoch nur bei härterem Stein zu empfehlen ist, da das Blei eingestemmt werden muß, was weichem Stein leicht schädlich werden kann, Fig. 300.

b) Statt der durchlaufenden Vorstoßbleche können auch nur einzelne Hafter von ca. 10 cm Länge und 5—10 cm Breite in Entfernungen von 40—50 cm befestigt werden, Fig. 300.

Die Haftbleche durch verzinkte und in den Stein eingelassene Flacheisen zu ersetzen, empfiehlt sich ebensowenig wie die unmittelbare Befestigung der Deckbleche durch Steinschrauben mit übergelöteten Zinkkappen; die unter a gegebene Konstruktion ist dauerhaft, allen Anforderungen entsprechend und leicht, solide und billig auszuführen, und man sollte deshalb alle gekünstelten Konstruktionen vermeiden.

Statt aus Werkstücken werden die Gurten auch aus gebrannten Steinen hergestellt, und zwar:

1. Aus Normalbacksteinen, unter Zuhilfenahme von Quartier-, Zweiquartier- und Dreiquartierstücken, die in vielfachen Kombinationen zur Bildung der Gesimse verwendet werden können. Fig. 304 u. 305 zeigen einige Anordnungen.

Fig. 304.

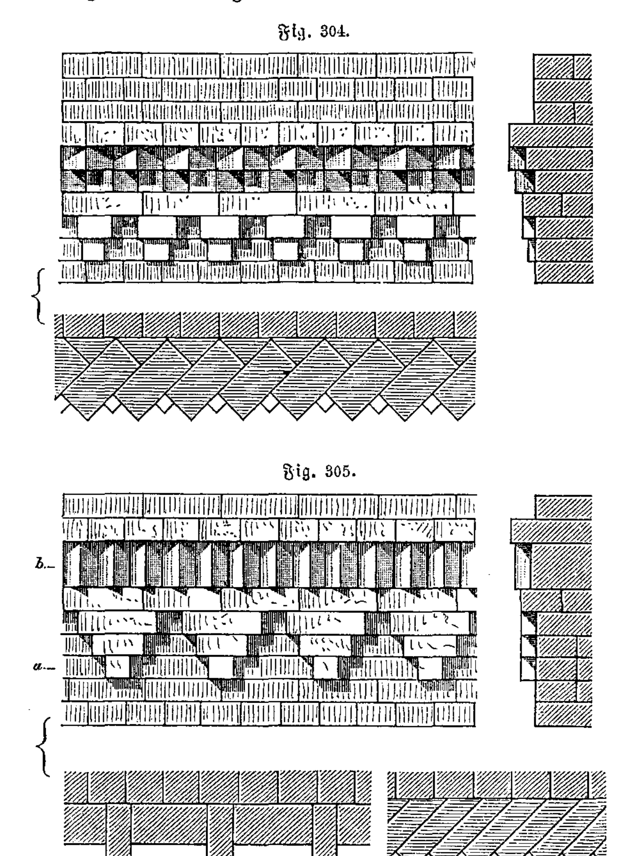
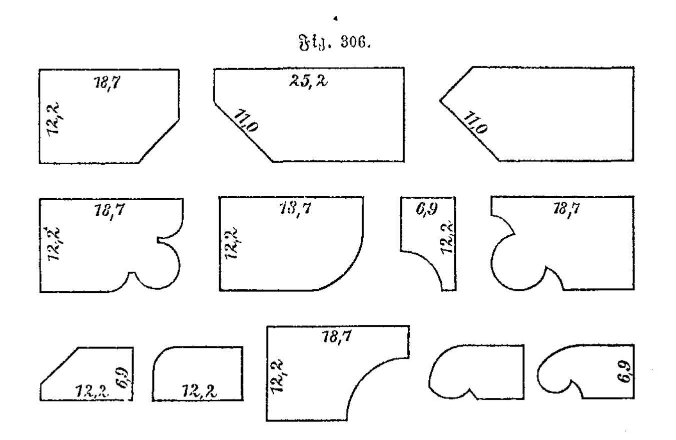


Fig. 305.

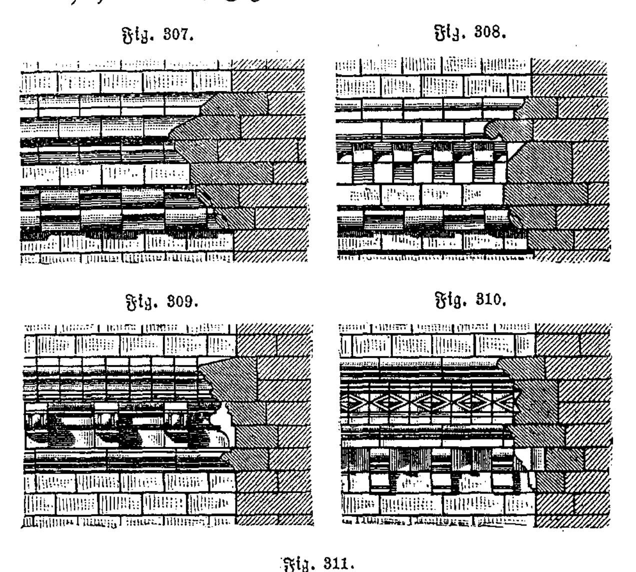
2. Aus den „Normal-Formsteinen", die in Fig. 306 zusammengestellt sind, von den meisten Ziegeleien, welche Blender liefern, gefertigt werden und sich unter gleichzeitiger Verwendung der gewöhnlichen Normalsteine

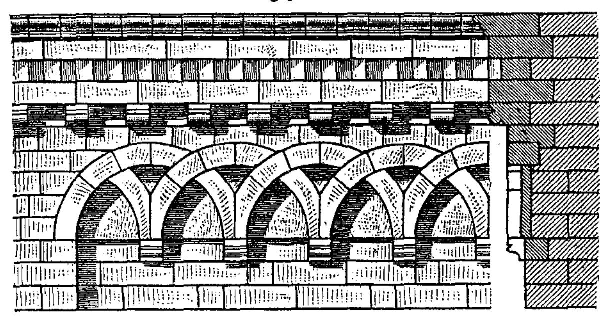
Fig. 306.

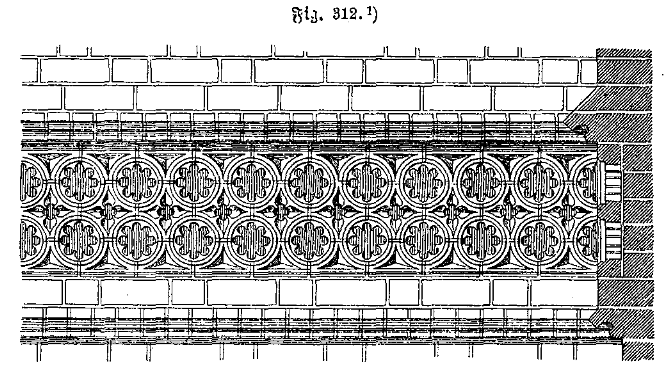


besonders zur Herstellung von wagerechten Fuß- und Gurtgliederungen, Giebelgesimsen, Fenster- und Portaleinfassungen eignen. Fig. 283—285 zeigen in dieser

Weise hergestellte Fußgliederungen, Fig. 307 u. 308 Gurtgesimse. Durch Verwendung weiterer, jeweils besonders herzustellender Formsteine, insbesondere auch keilförmiger und bogenförmiger Steine kann der Formenreichtum solcher einfachen Backsteingesimse wesentlich erhöht werden, Fig. 309—312.

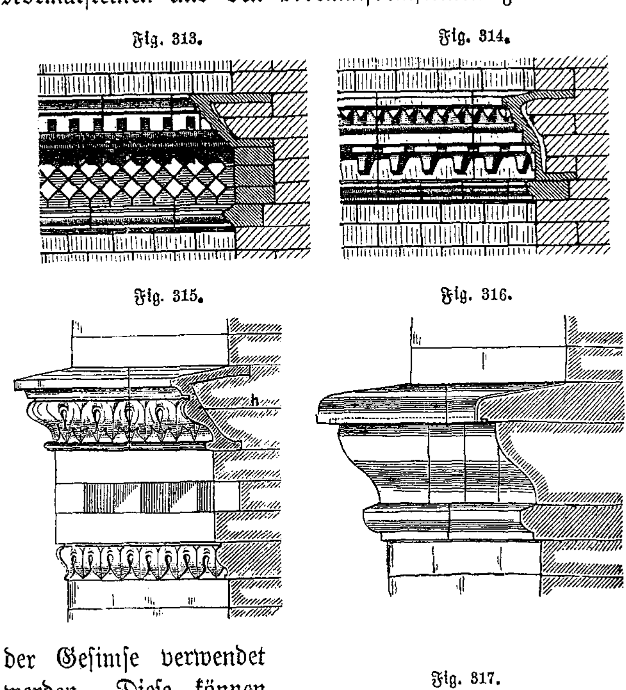

Fig. 307. Fig. 308. Fig. 309. Fig. 310.


Fig. 311.

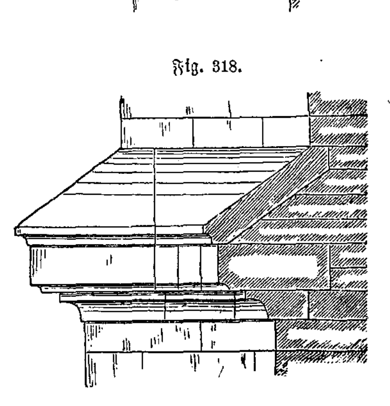

Fig. 312.[1])

3. Aus feineren Terrakotten mit weniger einfachen Formen und häufig ornamentiert; diese bilden entweder Platten oder Hohlsteine, einseitig offen oder von winkelförmigem oder [-förmigem Querschnitt, so daß mit der Hintermauerung in sie eingebunden werden kann, oder sie sind mit rings einfassenden Rippen oder mit Zwischenstegen versehen, welche in den Verband des Mauerwerks eingreifen; ihre Größe ist sehr verschieden und sie besitzen gewöhnlich wesentlich größere Abmessungen als die gewöhnlichen Backsteine.

Diese feineren Formsteine müssen jeweils nach gegebenen Zeichnungen besonders angefertigt werden, und sie können für sich oder in Verbindung mit den gewöhnlichen Normalsteinen und den Normalformsteinen zur Bildung


Fig. 313. Fig. 314. Fig. 315. Fig. 316.

der Gesimse verwendet werden. Diese können wieder mit Hausteingesimsen in Verbindung treten, meistens in der Weise, daß die Gesimsplatte in Werkstücken, die tragenden Unterglieder in gebrannten Steinen hergestellt werden; diese letzteren können in verschiedenen Farbentönen gehalten, teilweise glasiert und mit mehrfarbigen Ornamenten versehen sein, so daß außerordentlich reiche und farbenprächtige Wirkungen erreicht werden können. Fig. 313—318 zeigen einige Motive derartiger Gesimsbildungen.

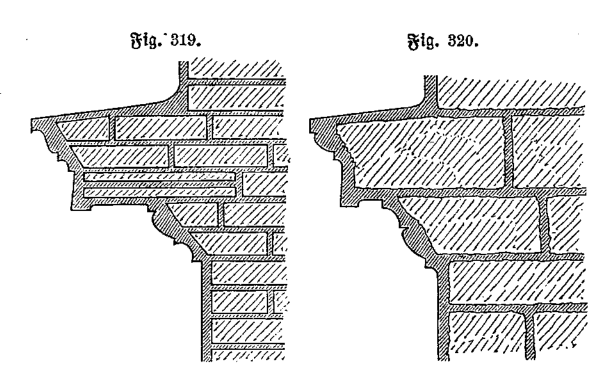

Fig. 317. Fig. 318.

1) Von der Pfarrkirche St. Maria zu Königsberg i. d. Neumark, aus Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten Norddeutschlands.

Für das Entwerfen dieser Gesimse ist es zu empfehlen, die Höhe als ein Vielfaches der gewöhnlichen Backsteinschichtenhöhe anzunehmen, so daß die Lagerfugen des Gesimses mit solchen der Hintermauerung zusammentreffen, wodurch die Ausführung solider und einfacher wird. Zum Vermauern sollte stets Cementmörtel genommen und das Gesims mit Zink- oder Kupferblech (Schiefer, Sandstein, Granit) abgedeckt werden, da sonst infolge der vielen Stoßfugen auch beim besten Material die baldige Zerstörung durch Witterungseinflüsse zu befürchten ist.

An Orten, wo Hausteine fehlen, oder wo deren Beschaffung mit unverhältnismäßig großen Kosten verbunden ist, wird häufig die „Hausteinarchitektur" in Putz nachgeahmt, eine Konstruktionsweise, die als unkünstlerisch und unsolide durchaus zu verwerfen ist. Kleinere Putzgesimse werden durch Vorkragen der einzelnen, der Umrißlinie des Gesimses entsprechend zugehauenen Ziegelschichten aufgemauert oder mit rauhen natürlichen Steinen hergestellt, die nach ebenen Flächen rauh gespitzt werden, derart, daß die Putzschicht in der Dicke wenig wechselt und etwa 2 cm Stärke erhält, Fig. 320.

Fig. 319. Fig. 320.

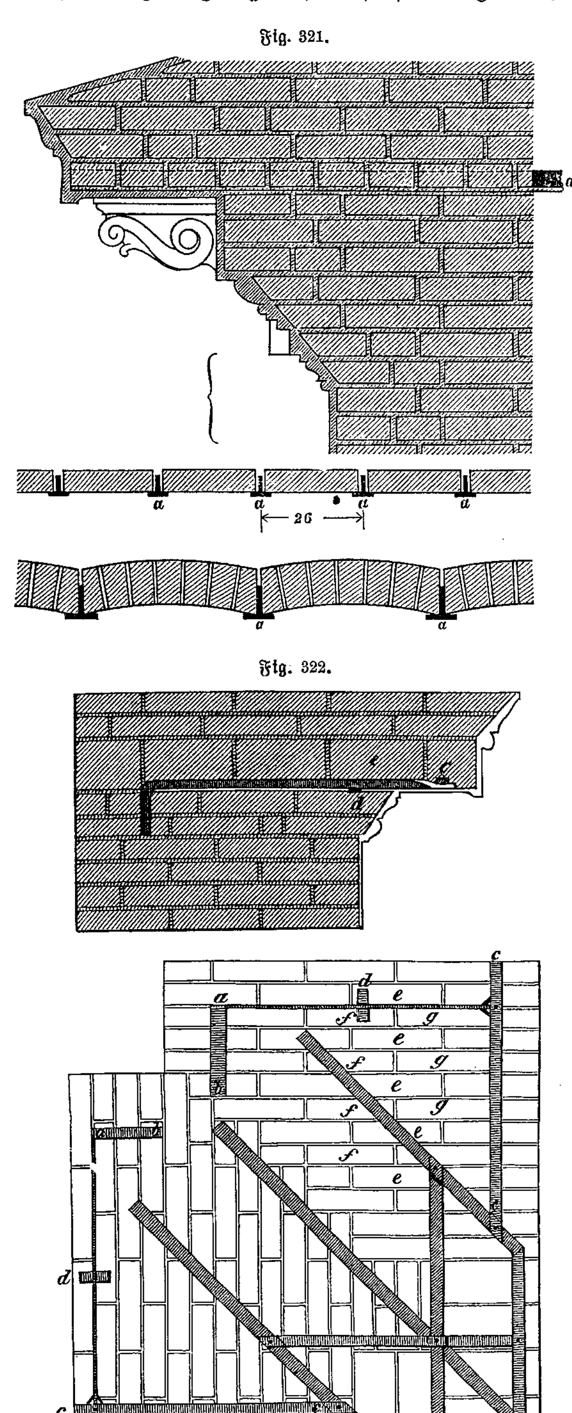


Bei größeren Ausladungen, für die die gewöhnlichen Backsteinlängen nicht mehr ausreichen, werden einzelne Glieder, besonders die Hängeplatte, aus mehreren Lagen 30—40 cm langer Dachziegel (Biberschwänze) hergestellt, die zuerst hinten einige Schichten übermauert werden, ehe man sie vorn belastet, um das Überkippen zu verhindern, Fig. 319.

Bei noch größeren Ausladungen muß die Unterstützung durch Eisen erfolgen. Es kann dies nach Fig. 321 in der Weise geschehen, daß kleine ⊥-Eisen in Entfernungen von 26 cm eingelegt werden, die die Backsteine so zwischen sich aufnehmen, daß sie auf den wagerechten Flanschen ein sicheres Auflager finden; auch kann man die ⊥-Eisen bei entsprechender Stärke weiter auseinander legen und flache Kappen dazwischen spannen, Fig 321.

Statt durch ⊥-Eisen kann die Unterstützung auch durch 7 mm starke, 30—36 mm breite Flacheisenstäbe C erfolgen, Fig. 322, die durch die Flachstäbe e getragen werden; diese Stäbe e werden hochkantig in die Fugen eingelegt, vorn umgekröpft und mit der Schiene c vernietet, hinten aber rechtwinklig umgebogen, so daß sie einige Schichten

Fig. 321.

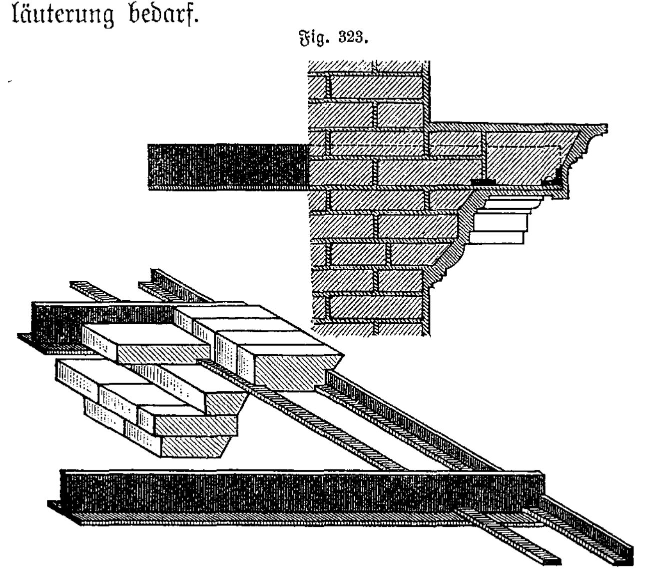


tief hinabreichen, und hier nach a b nochmals umgebogen, so daß sie von dem darüberliegenden Mauerwerk belastet werden. Bei f werden kleine Flacheisenstücke d untergelegt, um den Eisen e ein festes Auflager zu geben. An

den Ecken müssen die Stäbe e flachkantig in die Lagerfugen eingelegt werden, und hier wird ein vollständiges Gitterwerk gebildet, damit alle Steine ein sicheres Auflager erhalten. Eine Verbindung des Eisenwerks mit dem Holzwerk des Dachstuhles ist, weil unsolide, zu vermeiden, vielmehr ist, wenn das darüber befindliche Mauerwerk zur genügenden Belastung der Schienen unzureichend ist, eine Verankerung einzulegen, wie solche bei den Hauptgesimsen angegeben ist.

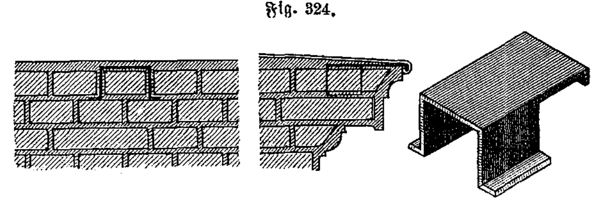
Eine andere Konstruktion für weit ausladende Putzgesimse ist in Fig. 323 dargestellt, die keiner näheren Erläuterung bedarf.

Fig. 323.



Alle diese Gesimse bedürfen einer Abdeckung mit Zink- oder Kupferblech, um sie gegen die Witterungseinflüsse zu schützen; der Kalk aber zerstört bald das Zinkblech, weshalb dieses von Zeit zu Zeit erneuert werden muß; es ist deshalb zu empfehlen, die zu schützende Fläche des Gesimses mit Holzkohlenteer zu streichen, damit das Blech nicht unmittelbar auf dem Kalk aufliegt. Cementmörtel greift das Zinkblech weniger an, ist außerdem wesentlich witterungsbeständiger als Kalkmörtel und daher diesem zum Putzen der Gesimse vorzuziehen

Fig. 324.



Die Befestigung der Deckbleche kann auf die in Fig. 300—303 angegebene Weise erfolgen; da die Holzdübel jedoch im Backsteinmauerwerk schwer auf die Dauer zu befestigen sind, so empfiehlt sich die Anwendung von „Bockhaften" aus starkem verzinkten Eisenblech, Fig. 324, die gleichzeitig mit dem Aufmauern des Gesimses in Entfernungen von etwa 50 cm eingelegt werden.

§ 4.

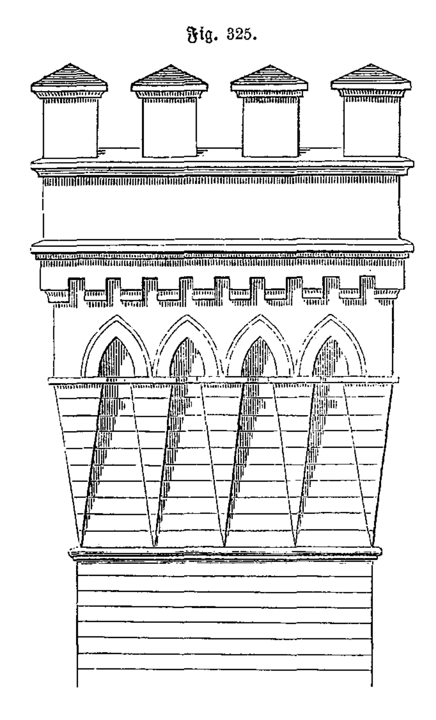
Die Hauptgesimse.

Unter allen Gesimsen, welche am Äußeren eines Gebäudes vorkommen, nimmt das Hauptgesimse (Dachgesimse, Kranzgesimse) den ersten Rang ein; es hat die Aufgabe, die Fassade nach oben abzuschließen, zu bekrönen.

Die Abmessungen des Hauptgesimses, seine Höhe und Ausladung, sind abhängig von der Höhe und dem Charakter des Gebäudes, von den Abmessungen der übrigen Fassadengesimse und von dem gewählten Baustil.

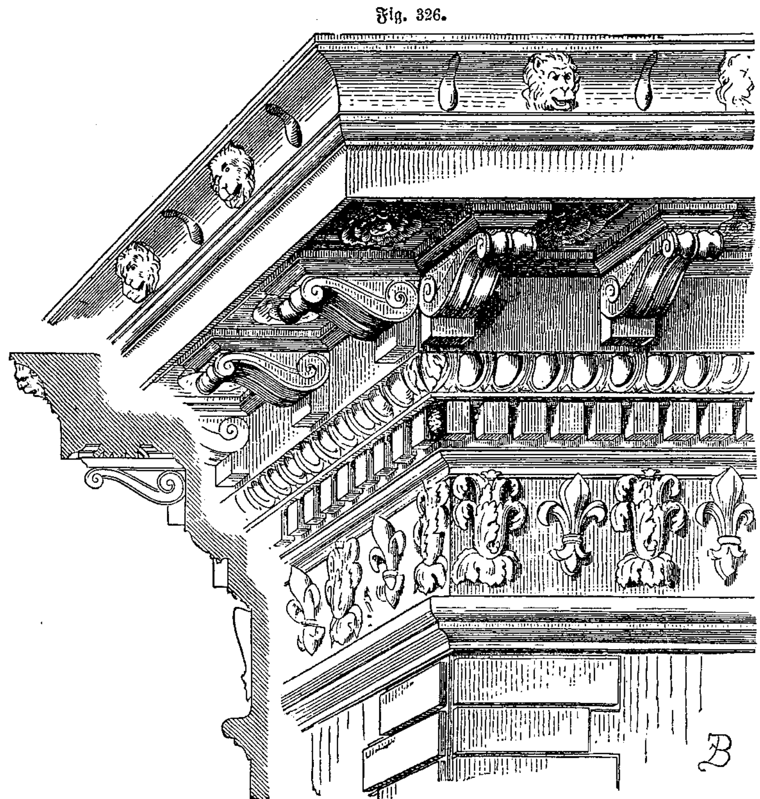
Starke Ausladungen der Gesimse geben tiefe Schatten und wirken bei niedrigen Gebäuden drückend und schwerfällig; dagegen geben geringe Ausladungen bei bedeutender Gesimshöhe den Charakter des Emporstrebenden. Ein charakteristisches Beispiel dieser Art zeigt das Gesims des Rathausturmes in Siena (mit geringer Abänderung an den Zinnen in Fig. 325 dargestellt).

Fig. 325.



Was den Baustil betrifft, so zeigen die Gesimse der Antike und der Renaissance weit größere Ausladungen als die der mittelalterlichen, der romanischen und der gotischen Periode, die sich meistens in verhältnismäßig bescheidenen Abmessungen halten.

Als Beispiel geben wir in Fig. 326 und auf Taf. 16, Fig. 1—3, das prachtvolle Hauptgesimse vom Palazzo Farnese in Rom von Michelangelo, ein Konsolengesims von gewaltiger Wirkung. Vergleicht man damit die beiden romanischen Gesimse, Fig. 1—3, Taf. 26

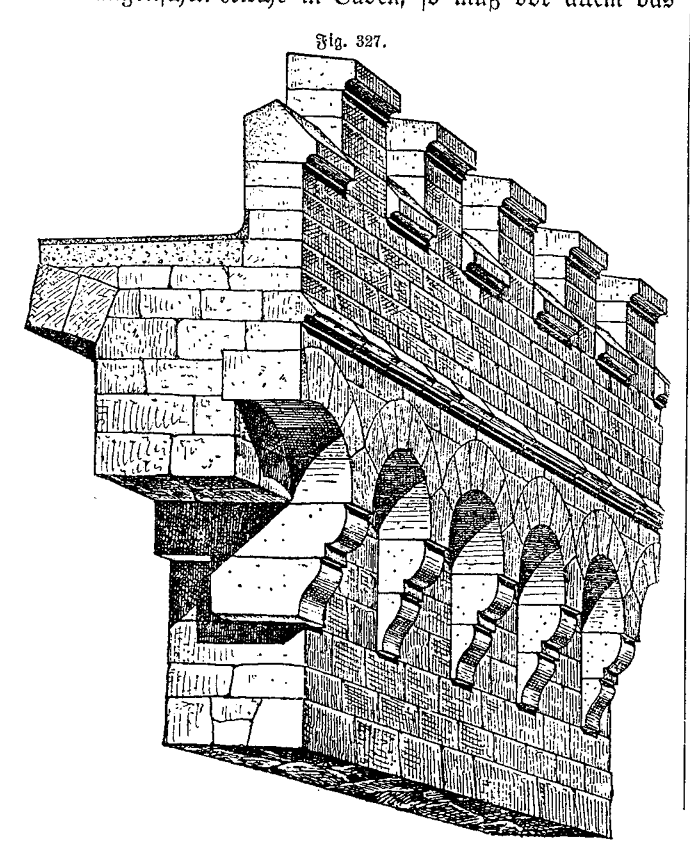

Fig. 326.

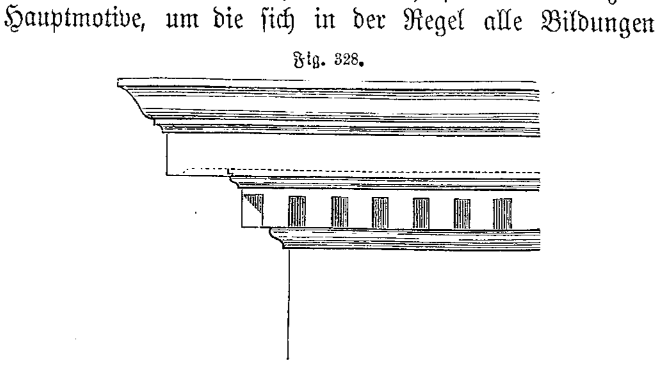
schwache Relief der mittelalterlichen Hauptgesimse auffallen gegenüber dem Gesimse, das im Geiste römischen Stils mit stark hervortretenden Formen gebildet ist. Während hier die kräftig ausladenden Gesimsteile auf eine energische Schattenwirkung berechnet sind, ist dort der Rund- oder Spitzenbogenfries nur so weit ausgeladen als notwendig ist, um die Lisenenvorsprünge aufzulösen, beziehungsweise miteinander zu verbinden, wie auch die Gesimsplatte nicht weiter über das Untergesims vortritt, als ihre Profilierung erfordert.

Sehr energische Wirkungen lassen sich aber erzielen, wenn die Rundbogenfriese auf besondern Kragsteinen angeordnet werden, Fig. 327,[1]) wie sich dies vielfach in Verbindung mit Zinnen bei Wehrmauern findet; diese Anordnung gestattet auch die Anlage von Umgängen, die über die Mauerfluchten vorspringen und mit Brüstungsgesimsen versehen sind, wie ein solches in Fig. 1—2 Taf. 17 von der St. Nikolaikirche in Frankfurt a. M. dargestellt ist.

Die Hauptgesimse besitzen, wie alle architektonischen Bildungen, in der Regel die Dreiteilung; sie bestehen aus: 1. dem Hauptteile, der Hängeplatte, 2. dem bekrönenden Teile, der Sima (Rinnleisten, Dachrinnen) und 3. dem stützenden Teile, dem Untergesimse, das den Übergang zu der lotrechten Mauerfläche vermittelt. In allen Stilperioden finden wir in der Bildung des Untergesimses einen großen Ideenreichtum entwickelt; und doch sind es nur zwei Hauptmotive, um die sich in der Regel alle Bildungen

von der evangelischen Kirche in Freiburg i. Br., sowie das im gotischen Stil ausgeführte Gesims, Fig. 3—4, Taf. 17, der evangelischen Kirche in Baden, so muß vor allem das


Fig. 327.


Fig. 328.

drehen, und die einzeln für sich oder in mehrfacher Kombination gleichzeitig auftreten können. Es ist dies eine durchgängige Unterstützung der Hängeplatte durch übereinander vortretende, überkragende Gesimsglieder (wie bei den Gurtgesimsen), oder stellenweise Unterstützung durch Konsolen (Kragsteine). So zeigt Fig. 328 eine durchgehende Unterstützung der Hängeplatte durch Gesimsglieder,

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., H. 2. Siehe auch Taf. 18, Fig. 4 u. 5.

unter denen das sogenannte Zahnschnittband besonders vorherrscht, während in Fig. 2, Taf. 18, die stellenweise Unterstützung durch Konsolen erfolgt; in Fig. 1, Taf. 18, besteht das Unterglied aus dem durchlaufenden Gesimse mit Zahnschnittband und darüberliegenden Konsolen, während in dem Gesimse Fig. 3, Taf. 18, auf den Konsolen zunächst eine durchlaufende Platte (die Unterplatte) liegt. In den Gesimsen Fig. 4 u. 5 sind die Kragsteine wie in Fig. 327 zunächst bogenförmig überdeckt und verbunden, wodurch für die Hängeplatte wieder ein durchlaufendes Auflager hergestellt wird.

Die Konstruktion der Werksteingesimse ist so lange eine einfache, als genügend große Steine zur Verfügung stehen, um durch entsprechend tiefes Einbinden oder durch hinreichende Überlastung (durch Mauerwerk, Attiken u. dergl.) ein Umkippen zu verhindern. Es muß dabei jedoch außer der Last des vorkragenden Gesimsteiles noch zufällige Belastung durch Arbeiter (Klempner, Schieferdecker u. s. w.), außergewöhnliche Schneelast u. dergl. in Rücksicht gezogen werden. Es genügt dabei nicht, daß der Schwerpunkt aus allen diesen Lasten überhaupt in das Mauerwerk, d. h. in die Unterstützung fällt, da bei geringer Entfernung von der Drehkante starke Kantenpressungen entstehen können, sondern es sollte, besonders bei weichem oder nicht sehr tragfähigem Material der Schwerpunkt noch in das mittlere Drittel der Mauerfläche zu liegen kommen.

In vielen Fällen läßt sich gegen die außergewöhnlichen zufälligen Belastungen eine Sicherung des Gesimses dadurch erreichen — falls die Übermauerung u. s. w. hierzu nicht ausreichend sein sollte —, daß die Gesimsplatten unter die Sattelschwelle (Dachschwelle) geführt und durch Mauerwerk zwischen Platte und Schwelle eingespannt werden. Thatsächlich werden in den meisten Fällen die Hausteingesimse der gewöhnlichen Privat- und kleineren öffentlichen Gebäude gegen außergewöhnliche zufällige Belastungen auf diese Weise gesichert; diese Konstruktionsweise darf aber nicht soweit ausgedehnt werden, daß die Stabilität des Gesimses nur durch die Dachlast gewährleistet wird, da es dann infolge eines den Dachstuhl zerstörenden Brandes unfehlbar einstürzen müßte und schweres Unglück verursachen könnte. In allen Fällen, in denen die sichere ausreichende Unterstützung des Schwerpunktes nicht zu erreichen ist, muß das Gleichgewicht durch eiserne Verankerungen hergestellt werden.

Hiernach würden sich etwa die nachfolgenden hauptsächlichsten Konstruktionsmotive ergeben: Taf. 19, Fig. 1, stellt ein Hauptgesims von ca. 0,80 m Höhe und 0,78 m Ausladung dar, bei dem die Schwerpunkte der die Unterglieder bildenden Steine, sowie der Gesimsplatten sämtlich im Mauerwerk liegen; die Platte ist auf die ganze Mauertiefe durch die in Haustein ausgeführte niedere Attika und eine Backsteinaufmauerung belastet und erhält dadurch die genügende Gegenlast gegen die auf dem vorderen Teile der Platten ruhende Sima, die aus ca. 40 cm breiten Steinen hergestellt ist. Um die Last des vorkragenden Teiles nicht in überflüssiger Weise zu vermehren, ist der Raum zwischen Sima und Attikauntermauerung hohl gelassen, und die nach dem Leistensystem ausgeführte Zinkblechabdeckung auf Schalung auf Stichbalken hergestellt, die in das Mauerwerk eingelegt sind.

Der Dachkanal (die Dachrinne) liegt hinter der Attika und besteht aus einem mit Zink ausgeschlagenen starken, verschraubten Holzkasten mit doppeltem Boden; der obere Boden ist mit Fall nach den Ablaufrohren hergestellt, der Kanal mit einigen Überläufen versehen (für den Fall, daß die Ablaufrohre zugefroren), und das unter dem Kanale liegende Mauerwerk sorgfältig und satt mit Cementmörtel gemauert und mit einer Asphaltschicht abgedeckt, um das Eindringen von Wasser bei Undichtheiten des Kanals zu verhindern.

In der Untermauerung der Sattelschwelle sind Öffnungen ausgespart, um solche Undichtheiten rasch auffinden zu können.

Der Fugenschnitt des Konsolengliedes ist aus Fig. 1a zu entnehmen.

In Fig. 2 Taf. 19 ist ein Hauptgesims mit stehenden Konsolen dargestellt, bei dem die Schwerpunkte der Konsolen, der Unterplatten und der Hängeplatten noch in das Mauerwerk fallen, so daß der Selbstbestand des Gesimses gesichert ist; gegen außergewöhnliche Belastungen dient die Übermauerung und die Einspannung unter der Sattelschwelle, die jeweils sofort nach Verlegen jeder Platte, wenn auch nur provisorisch, vorgenommen werden muß, da gerade beim Versetzen der Platten durch Ungeschicklichkeit oder Unvorsichtigkeit eines Arbeiters ein Gesimseinsturz auf längere Strecken erfolgen kann. Dies ist wegen des Fugenwechsels im Steinschnitt ausgeschlossen, wenn jede verlegte Platte sofort verankert oder mit der Kniestockpfette verspannt wird, eine Vorsichtsmaßregel, die auch bei den statisch völlig gesicherten Gesimsen bei größeren Ausladungen nie unterlassen werden sollte. Auch aus diesem Grunde empfiehlt es sich in allen Fällen, in denen keine künstlichen Verankerungen vorgenommen werden, die Gesimsplatten unter die Kniestockschwellen reichen zu lassen.

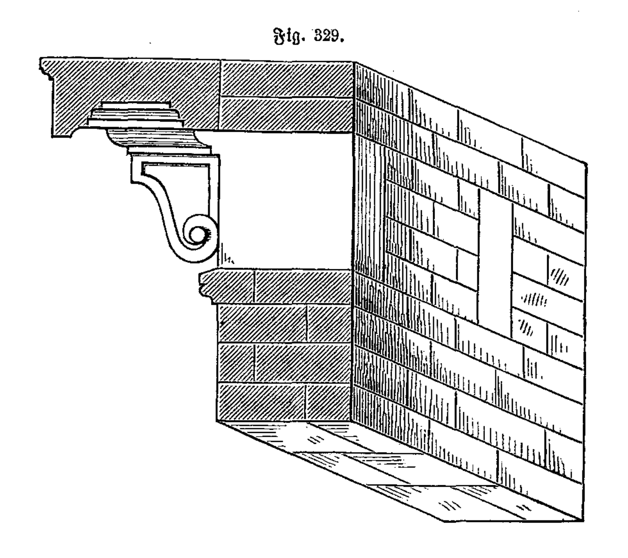
Der Fugenschnitt des Konsolgliedes ist aus Fig. 2a zu entnehmen. Während nach Fig. 1a die Konsolen mit den Zwischenfeldern aus je einem Steine herausgearbeitet sind, sind nach Fig. 2a die Konsolen als besondere Steine angenommen, die im Kopfgliede auf Kehrung mit dem Kopfgliede der Zwischenstücke zusammenstoßen.

Der die Sima des Gesimses bildende Dachkanal ist mit verzinkten Trageisen hergestellt, auf welche Dielen auf-

geschraubt sind, die den Zinkkanal und die Vorbedeckung aufnehmen. Der Boden der Rinne, die begehbar ist, erhält entsprechenden Fall nach den Ablaufrohren; die Sima selbst, die am besten aus starkem, verzinkten Eisenblech hergestellt wird, da dieses beim Temperaturwechsel weniger arbeitet als das Zink, wird am Stein auf Dübeln und oben durch Hafter und entsprechende Umbiegungen mit der Zinkabdeckung verbunden.

Wenn durchgreifende Gesimsplatten nur schwer oder mit großen Kosten zu beschaffen sind, so kann das Gesims bei Anwendung von stehenden Konsolen nach Fig. 329

Fig. 329.



konstruiert werden. Den Konsolen kann leicht eine sichere Lage gegeben werden, da sie mit ihrer bedeutenden Höhe sehr solid in dem Mauerwerk stecken und mit der Übermauerung im stande sind, die vorn aufgelegten Gesimsplatten zu tragen.

Ist die Gesimsausladung größer als die Mauerstärke und kann nur eine geringe Übermauerung stattfinden, so ist es in vielen Fällen möglich, das Gleichgewicht dadurch herzustellen, daß die Mauer nach innen vorgekragt wird, Taf. 19 Fig. 1 und Taf. 20 Fig. 1, um ein tieferes Einbinden der Werkstücke zu ermöglichen.

Sind solche innern Vorkragungen aber nicht ausführbar, oder sind bei weitausladenden Hauptgesimsen die Mauern zur Herstellung einer ausreichenden Stabilität überhaupt unzureichend, so bleibt nichts übrig, als Verankerungen anzuordnen, bei denen die hohe Zugfestigkeit des Schmiedeeisens ausgenutzt wird. Die Konstruktionen bestehen im allgemeinen darin, daß an die Werkstücke des Hauptgesimses ein mehr oder weniger großer Teil der darunter befindlichen Mauermasse angehängt, verkettet wird, so daß hierdurch — an Stelle der Übermauerung — der Mehrlast des vorgekragten Gesimsteiles einschließlich der möglichen zufälligen Belastungen das Gleichgewicht gehalten wird. Je mehr Mauerwerk gefaßt wird, d. h. je tiefer die Maueranker hinabreichen, um so größer wird die Sicherheit der Konstruktion. Anderseits wird man aber unnötig lange Zuganker vermeiden; auch sollen diese Anker nicht frei liegen, sondern ganz eingemauert werden, damit sie bei einem ausbrechenden Brande nicht der unmittelbaren Wirkung des Feuers ausgesetzt werden, wodurch die Sicherheit der ganzen Konstruktion gefährdet würde und der Absturz des Gesimses erfolgen könnte.

Bei großen Gesimsen mit bedeutender Ausladung wird man, wo immer möglich, außer der Verankerung gleichzeitig auch die innere Vorkragung ausführen.

Eine einfache Konstruktion dieser Art zeigt Fig. 1, Taf. 20, welche ein 0,80 m ausladendes Gesims auf einer nur 50 cm starken Mauer darstellt. Über die durch die ganze Mauerstärke gehenden Gesimsplatten ist längslaufend ein ⊏-Eisen gelegt, das je nach der Stärke dieser Eisen in Entfernungen von 1—2,50 m durch Rundeisenstäbe mit einem unterhalb im Mauerwerk eingemauerten parallellaufenden ⊏-Eisen verschraubt wird. An allen Stellen, an denen solche Zuganker eingezogen werden, sind unten kleine nach innen gehende Öffnungen a, und im aufgehenden Mauerwerk durch Einstellen und allmähliches Höherziehen entsprechend starker Holzstangen Öffnungen für die Zuganker auszusparen; sobald die Platte verlegt ist, wird die Zugstange von oben eingeschoben, und es können alsdann beiderseits die Muttern eingedreht werden.

Bei großen Ausladungen werden bei dieser Konstruktion gewaltige Gesimsplatten notwendig, die an vielen Orten schwer zu beschaffen, auch schwer zu versetzen sind, und die außerdem einen großen Kostenaufwand verursachen. Es empfiehlt sich in diesem Fall, die längslaufenden Schienen über die entsprechend tief eingreifenden Konsolsteine zu strecken und zu verankern, und die übrigen Werkstücke nur wenig einbinden zu lassen, wodurch der Aufwand für Hausteine auf ein geringeres Maß beschränkt wird, was für alle Orte von Wichtigkeit ist, die die Hausteine von weither beziehen und infolgedessen teuer bezahlen müssen.

In dieser Weise ist das Hauptgesims an dem Gebäude der technischen Hochschule in Charlottenburg ausgeführt und in Fig. 2, Taf. 20, dargestellt.[1]) Die Gesimsausladung beträgt 1,40 m, während die Drempelwand nur 0,78 m stark ist. Über die Kragsteine wurden I-Eisen, Normalprofil Nr. 8 gelegt, und diese in Entfernungen von 1,80 m durch 2,60 m lange, 1,8 cm starke Rundeisenstangen niedergehalten, die nicht mit durchlaufenden Schienen wie in Fig. 1, Taf. 20, sondern nur mit in das Mauerwerk eingelegten gußeisernen Platten von 15 cm Breite und 60 cm Länge verbunden wurden, Fig. 2 a. Die

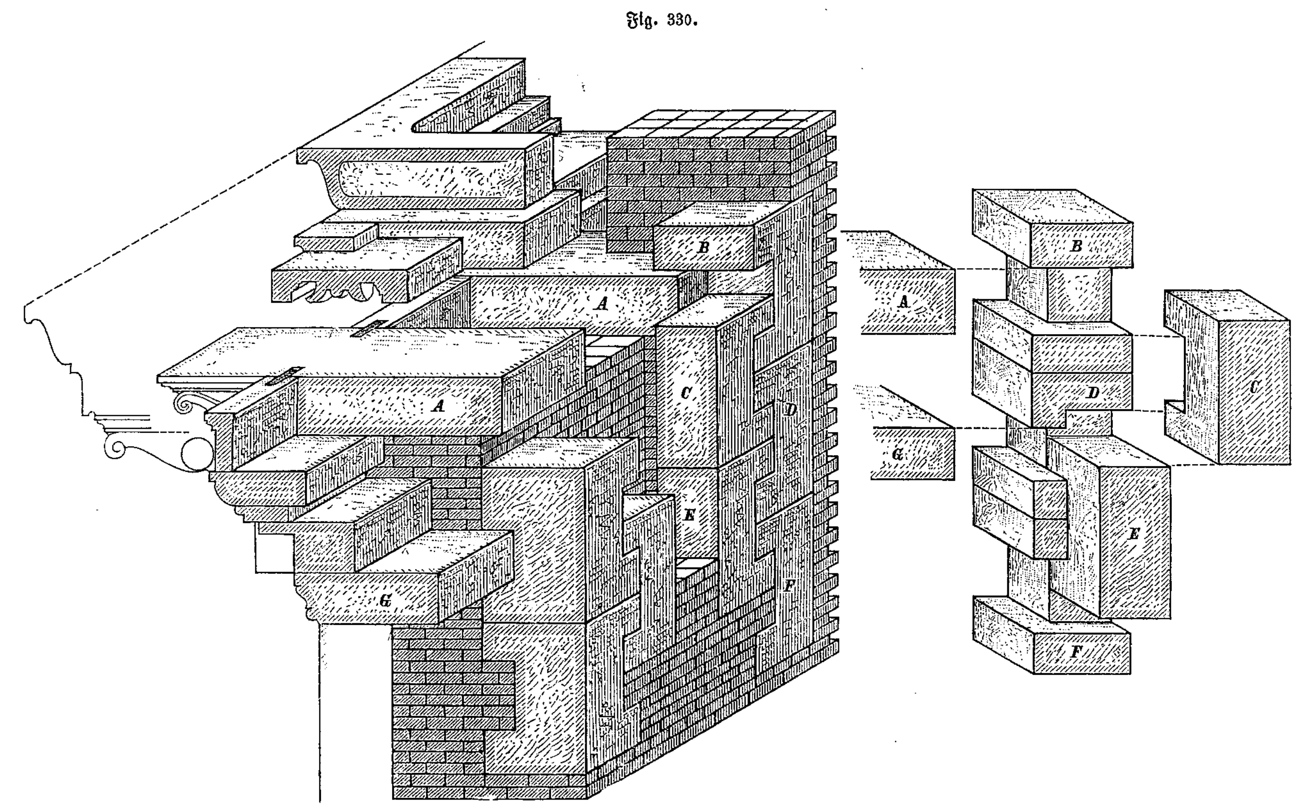
1) Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 443.

Anker sind oben in eine Hülse ausgeschmiedet, durch welche sich die I-Eisen durchschieben ließen. Die Längen der letzteren wurden so bestimmt, daß auf ihre Stöße, die noch durch verschraubte Laschen gesichert wurden, stets eine Ankerhülse traf. Bei der Aufmauerung wurden die Anker sofort an richtiger Stelle angebracht und an den Schuhen Öffnungen gelassen, um nach dem Einschieben der I-Eisen die Muttern anziehen zu können. Das Hauptgesims wurde außerhalb der äußeren Mauerkante mit porischen Lochsteinen, innerhalb mit gewöhnlichen Steinen übermauert.

aufruhen. Um diesem Gebälk ein festes Auflager zu geben, wird auf das entsprechend einbindende Zahnschnittglied ein ⊏-Eisen gelegt, mit dem das Gebälk verschraubt wird. Die Konsolsteine, die mit ihrem hinteren Ende in dieses ⊏-Eisen eingreifen, verdecken die Untersichten der zur Aufnahme der Gesimsplatten dienenden Eisenträger.[1])

Die ganze Konstruktion dürfte durch den beigegebenen Schnitt, den Grundriß und die isometrische Projektion in allen Teilen klargelegt sein und weitere Erklärungen überflüssig machen.

Fig. 330.



Bei dieser Konstruktion wirken die einzelnen Steinkonsolen als Freiträger, die, durch die Eisenverankerung fest eingespannt, an ihrem freien Ende die Hängeplatten und die Sima aufzunehmen haben; die hierzu verwendeten Steinbalken erfordern deshalb einen gewissen, nicht zu geringen Querschnitt, die Konsolen dürfen nicht zu sehr ausgearbeitet und das Steinmaterial muß fest und widerstandsfähig sein.

Wo es sich um reich ausgearbeitete, stark unterschnittene Volutenkonsolen handelt, wird es sich nicht empfehlen, diese als Träger zur Aufnahme der Platten und der Sima zu verwenden, sondern es erscheint zweckmäßiger, nach der Taf. 21 gegebenen Konstruktion über den Konsolen ein Gebälk aus ⊥-Eisen oder I-Eisen anzuordnen, das in der vorher beschriebenen Weise mit dem Mauerwerk verankert wird, und auf deren unteren Flanschen die Gesimsplatten

In Fig. 1 a, Taf. 21, ist noch im Grundriß dargestellt, in welcher Weise die Konstruktion am Eck eines Gebäudes durchzuführen ist; hier müssen mehrere Konsolen aus einem Steine herausgearbeitet und, je nach der Lage der Konsolen, die zur Aufnahme der Platten bestimmten Walzeisenträger nötigenfalls in entsprechender Weise abgebogen werden.[2])

Ein ganz besonderes Interesse beansprucht die Konstruktion des mächtigen, 2,15 m ausladenden Hauptgesimses am Palast Strozzi in Florenz, das auf verhältnismäßig schwacher Mauer ruht und unter Ausschluß von Eisen durch ein System von klammerartigen Steinen verankert ist. Fig. 330 (gezeichnet nach den Aufnahmen in:

1) Siehe Hauptgesims an den Reichsbankgebäuden in Chemnitz und Leipzig. Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 402.

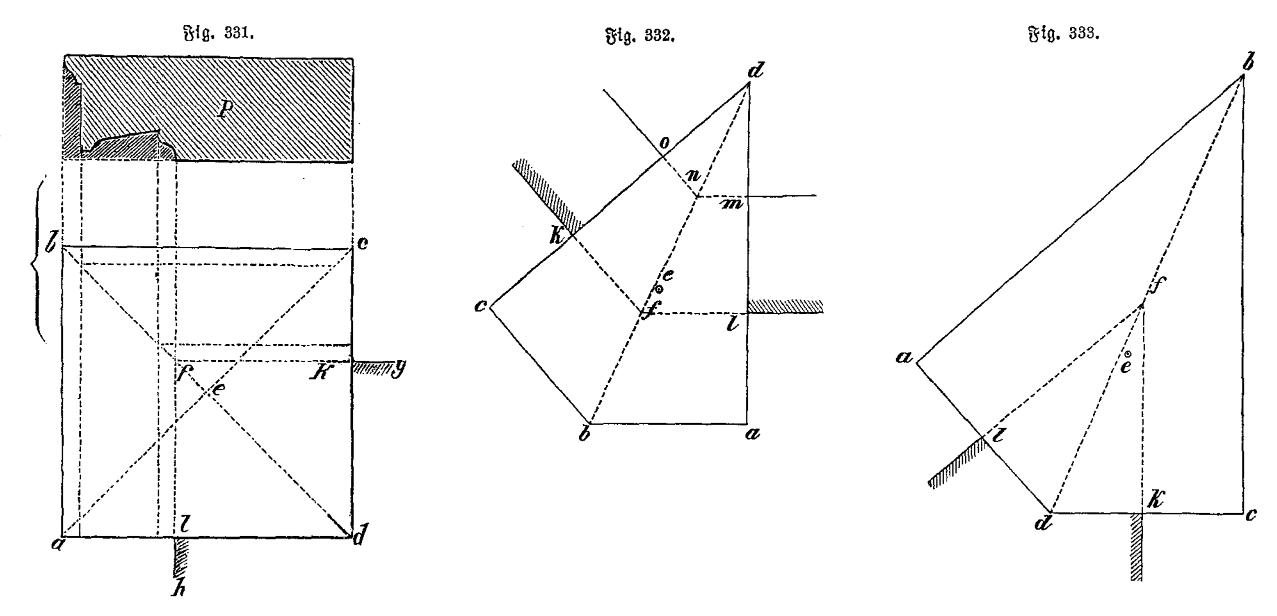
2) Desgl.

Architektur Toscanas von Stegmann). Die das Unterglied bildenden Steine G greifen in die doppelt ausgekröpften Ankersteine D, ebenso die Konsolen A in die Ankersteine B, welche mit den Steinen D durch die Klammern C und mit dem darunter befindlichen Mauerwerk durch die Klammern E und F verbunden sind.

Diese von Simone del Pollajuolo, genannt Cronaca (1454—1509) ausgeführte Konstruktion ist technisch hochinteressant und eigenartig, und erregte seiner Zeit großes Aufsehen, kann aber heute keine Nachahmung mehr finden, da wir denselben Zweck in einfacherer und sicherer Weise durch Anwendung von Eisen erreichen.

Schwerpunkt etwa in die Mauerecke f vorrücken, womit die Platte ihre sichere Lage verlieren würde.[1]) Außerdem bleibt stets zu beachten, daß genügende Sicherheit gegen die zufälligen Belastungen geschaffen werden muß. In Fig. 1a, Taf. 21, ist bereits die Anordnung der Eisenverankerung für ein Gesimseck gegeben worden, nach der in ähnlichen Fällen die zu wählende Konstruktion ermittelt werden kann.

Steigt das Gesims an einer Giebellinie hinauf, ohne sich zugleich horizontal auf dieser Seite fortzusetzen, wie dies oft vorkommt und in Fig. 334 A, B und C dargestellt ist, so muß die Unterfläche der Hängeplatte an der Front-



Bei allen besprochenen Anordnungen ist der Konstruktion des Gesimses an den Gebäudeecken besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, da es hier auch bei solchen Gesimsen, deren Stabilität ohne Verankerung gesichert ist, je nach dem Fugenschnitt sehr leicht vorkommen kann, daß insbesondere bei der Gesimsplatte der Schwerpunkt außerhalb der Unterstützung zu liegen kommt. Wenn dieses der Fall ist, müssen entweder die Unterglieder die genügende Tragfähigkeit besitzen, oder es muß eine entsprechende Übermauerung oder Verankerung vorgenommen werden, wenn es nicht möglich ist, durch Änderung des Fugenschnittes den Schwerpunkt der Platte mehr nach innen zu rücken, um ihr ein sicheres Auflager zu geben. So würden z. B. in Fig. 331—333 die Platten a b c d, über rechtem Eck, stumpfem Eck und spitzem Eck mit den Schwerpunkten e noch unterstützt sein und sicheres Auflager haben, wenn man zufällige Belastungen nicht berücksichtigt und wenn die Linien k f l die Mauerfluchten darstellen; wenn aber in Fig. 332 z. B. die Platte nur bis zur Linie m n o (der inneren Mauerflucht) reichen könnte, so würde der

seite des Gebäudes eine Unterschneidung erhalten, die mit der aufsteigenden Giebellinie in einerlei Ebene liegt, wie dies Fig. 334 B zeigt. Rechtwinklig auf die Giebelfront bezogen, erhält die Hängeplatte alsdann gar keine Unterschneidung, sondern ihre Unterfläche liegt in jeder lotrechten Durchschnittsebene horizontal.

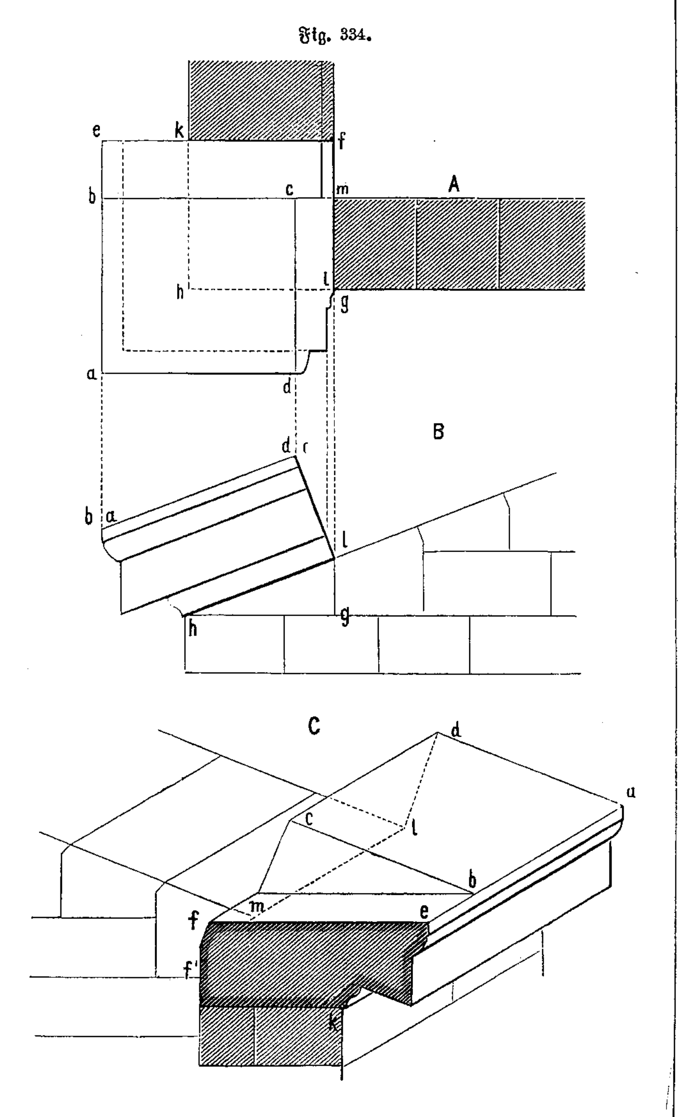
Das Auflager des Eckgesimssteines muß horizontal sein, wie es durch k f h g in den Figuren bezeichnet ist; dadurch wird aber ein Stein von der Höhe g d, Fig. 334 B, nötig, von dem viel verhauen werden muß. Man pflegt daher die Länge h g so klein als möglich zu nehmen und die sichere Lage des Steines durch eine Verlängerung in der Richtung h k zu bewirken, wodurch dann eine Verkröpfung entsteht, wie sie in Fig. C isometrisch dargestellt ist. Die sichere Lage und eine sorgfältige Verankerung des Eckgesimsstückes sind besonders dann nötig, wenn die übrigen Giebelgesimssteine keine wagerechten Lagerflächen

1) Die Stabilitätsverhältnisse sind in Wirklichkeit ein wenig günstiger, als hier angenommen, da bei der Schwerpunktsbestimmung der Querschnitt voll angenommen wurde.

erhalten, sondern auf einer schiefen Ebene ruhen, da in diesem Fall die Eckstücke gleichsam das Widerlager bilden und den Schub sicher aufnehmen müssen.

Die Stoßfugenfläche c d l m, Fig. 334, muß auf der steigenden Linie h l senkrecht stehen, damit die übrigen Giebelgesimssteine nach einer senkrecht auf ihrer Länge anzulegenden Brettung bearbeitet werden können.

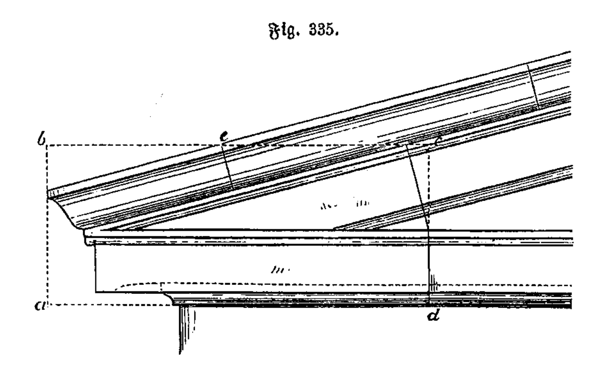
Fig. 334.



Bei einem in antiker Weise auszuführenden Hauptgesimse, Fig. 335 u. 336, bedarf man für das Eckstück immer eines großen Steines, dessen Umfang durch die Buchstaben a b c d angedeutet wird; um den geringsten Materialverlust zu erzielen, arbeitet man den Kranzleisten nur in der Länge b e mit dem übrigen Gesimse aus einem Stück, wodurch eine Form entsteht, wie sie Fig. 336 in isometrischer Projektion zeigt. In dem aufsteigenden Gesimse halten alsdann die Stoßfugen des aus besonderen einzelnen Steinen gearbeiteten Kranzleistens mit denen des darunter befindlichen Gesimses Verband, wie solches in Fig. 335 dargestellt ist.

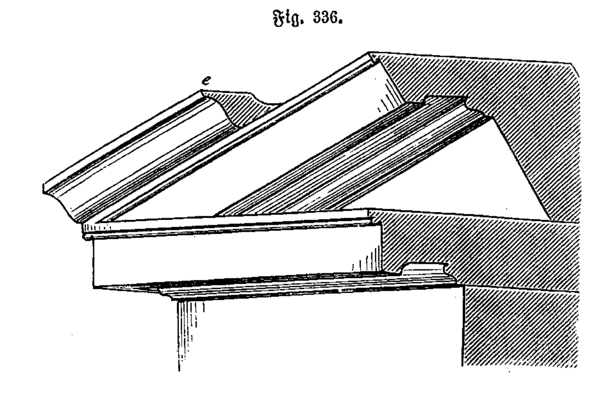
Da man an der Giebelspitze eine Fuge zu vermeiden sucht, so wird als Schlußstein der Giebelgesimsplatten gewöhnlich ein sattelförmig gearbeitetes Stück eingepaßt.

Fig. 335.



Was die Anfertigung der einzelnen Gesimssteine anbelangt, so ist darüber nur zu bemerken, daß es einer ganz besonders genauen und aufmerksamen Arbeit und richtig gezeichneter Schablonen oder Brettungen bedarf.

Fig. 336.

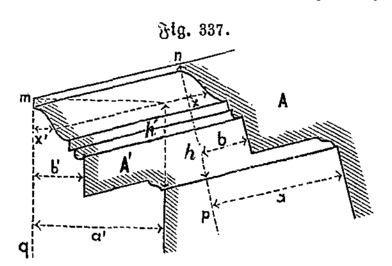


Letztere müssen immer die Durchschnittsfigur des Gesimses, in einer auf der Lagerfuge senkrechten Ebene, in natürlicher Größe darstellen. Man verfertigt sie aus Pappe, oder besser aus starkem Zinkblech, das sich besonders zu diesem Zweck eignet, da es nicht leicht beschädigt und bei häufigem Gebrauch nicht abgenutzt wird.

Die Anfertigung der Schablonen hat keine Schwierigkeiten, doch erfordert sie einige Aufmerksamkeit. Fig. 337 zeigt nämlich, daß das ansteigende Giebelgesims nicht nach derselben Schablone gearbeitet werden kann, nach welcher das horizontal liegende dargestellt wurde, obgleich am Eck beide ineinander übergehen. Stellt A die Schablone des aufsteigenden Gesimses dar, so muß die Ausladung a desselben der a' des horizontal liegenden gleich sein, wogegen die Höhe h der Höhe h' nicht gleich ist. Man muß daher aus den Profilpunkten des gegebenen Profils A' Parallele

mit der Giebellinie ziehen, wie z. B. m n, x' x, in n eine Senkrechte n p auf m n errichten und von dieser aus die normalen Abstände der Profilpunkte in A' von m q aus horizontal auftragen, wie dies die Figur zeigt, so daß

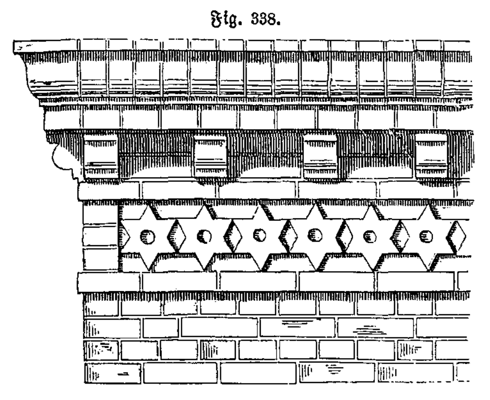
Fig. 337.



a = a', b — b' u. s. w. wird. Hierbei ist es nötig, bei größeren geschwungenen Gliedern, wie z. B. bei den Kranzleisten, außer den Endpunkten noch einige Zwischenpunkte auf die angegebene Art zu bestimmen, wie dies in der Fig. bei x z. B. geschehen ist.

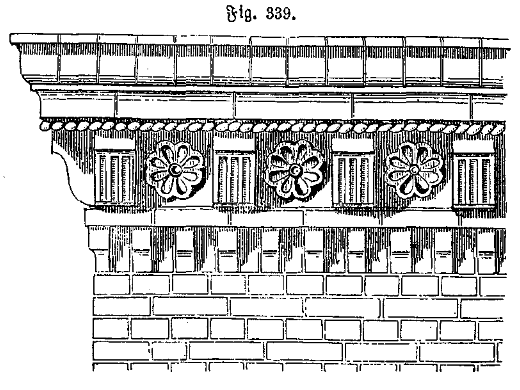
Sollen die Hauptgesimse in gebrannten Steinen ausgeführt werden, so können gewöhnliche Backsteine, Normalformsteine und feinere Terrakotten Verwendung finden,

Fig. 338.



siehe Kap. II, § 3. Im allgemeinen werden die Backsteinhauptgesimse wesentlich geringere Ausladungen erhalten müssen als jene aus Werkstücken, der ganzen Natur des Materials entsprechend.

Fig. 339.



Auf Taf. 22 sind mehrere Beispiele von Hauptgesimsen dargestellt, die aus gewöhnlichen Backsteinen durch Vormauerung, „Überkragung", gebildet sind; man muß bei diesen Konstruktionen möglichst viele Binderschichten verwenden und darauf sehen, daß sich die Steine der obersten Lagen nicht ablösen können, weshalb rasch bindender Cementmörtel zur Vermauerung zu empfehlen ist. Um die Lage der Steine der Hängeplatte mehr zu sichern, reiht man sie auch als Rollschicht ein, Fig. 338 u. 339,[1] in welchem Fall jedoch besonders hergestellte Formsteine zur Anwendung kommen müssen.

Fig. 340.

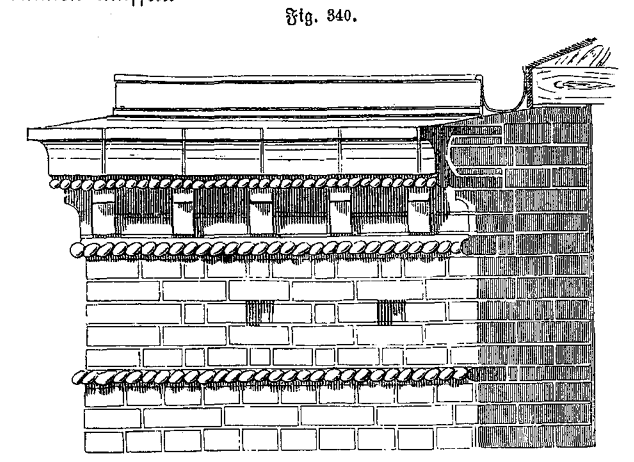
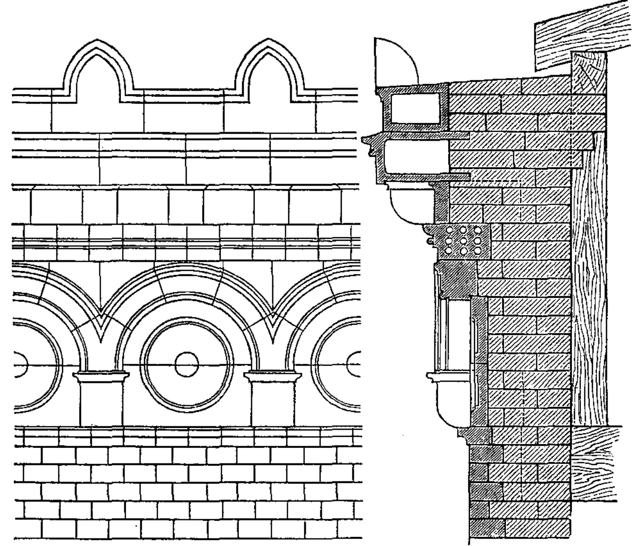


Fig. 341.



Diese Konstruktionen geben aber viele Fugen, weshalb man es bei besseren Ausführungen vorzieht, Terrakotten zu verwenden, die meistens den [-Querschnitt erhalten, in ziemlich großen Stücken gefertigt und ausgemauert werden, Fig. 340 u. 341.

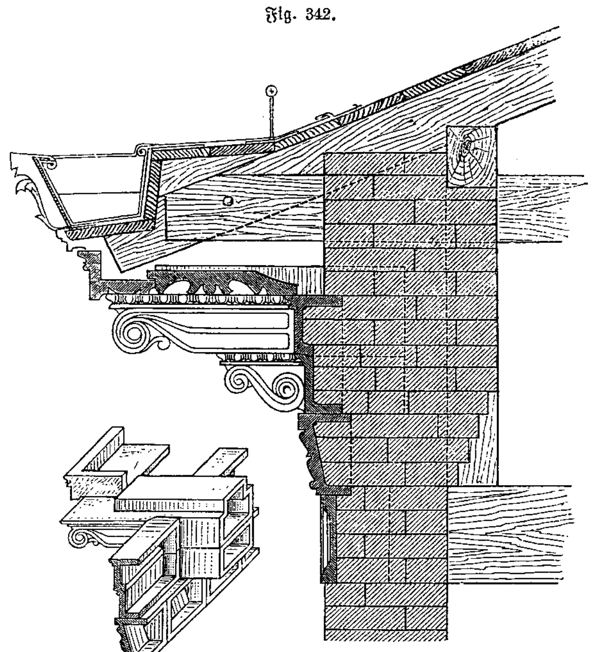
Bis zu welchem Reichtum die Gesimse aus feinen Formsteinen gesteigert werden können, zeigen die auf Taf. 23 gegebenen 2 Beispiele, die der „Backsteinarchitektur Italiens" von Runge entnommen sind.[2])

1) Fleischinger und Becker, Der Backsteinbau, Taf. 65.

2) Über neuere Backsteingesimse, siehe Deutsche Bauzeitung 1888, S. 484. Zeitschrift für Bauwesen 1885, Bl. 47.

Bei Anwendung von Terrakotta-Konsolen ist es möglich, diese Gesimse auch mit bedeutenden Ausladungen auszuführen;[1]) die Konsolen werden hohl hergestellt und

Fig. 342.

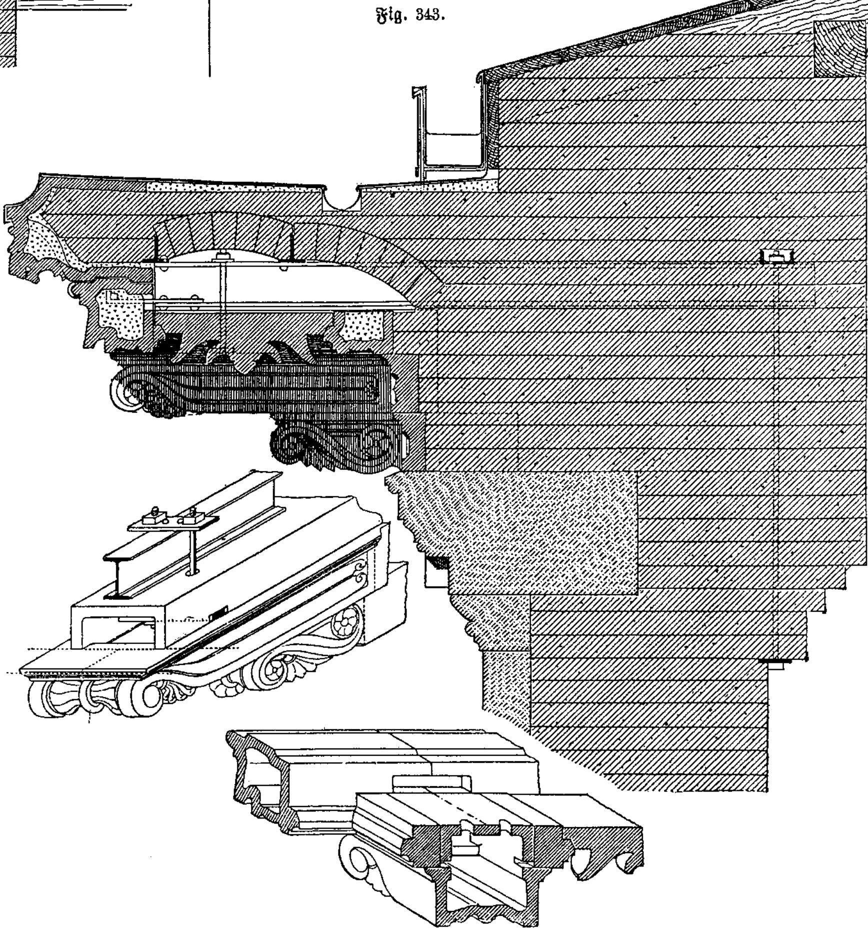


tragen, wie die Steinkonsolen, die Kranzplattenstücke oder Bogenstücke in gebranntem Thon. Ein Beispiel dieser Art zeigt das Gesims Fig. 342, das bis auf die von den Dachsparren getragene Zinksima ohne Verwendung von Eisen massiv und sich selbst tragend in der Weise hergestellt ist, daß die großen ca. 90 cm langen, hohl geformten Konsolen 35 cm tief in das Mauerwerk einbinden und durch die Ausmauerung ihres hinteren Teiles, sowie durch dessen Übermauerung in den Stand gesetzt sind, die Hängeplatten und die Kassetten zu tragen.[2])

Noch größere Ausladungen in Terrakotta-Gesimsen, die jedoch sehr selten vorkommen, können, ähnlich wie bei den Werksteingesimsen, mit Zuhilfenahme entsprechend verankerter Eisengebälke hergestellt werden. So zeigt das ganz in Terrakotten hergestellte reiche Kranzgesims vom Kunstgewerbemuseum in Berlin nicht weniger als ca. 1,60 m Ausladung, Fig. 343.[1])

Über jeder Gesimskonsole liegt ein Walzeisenträger in I-Form, aus der Mauer auskragend und mit Hilfe eines übergelegten [-Eisens und mit Rundeisenstangen an das darunter liegende Mauerwerk verankert. Die Konsolen bestehen aus zwei Teilen, die hohl geformt sind; der untere Teil bindet so weit in die Mauer, daß er sich im Gleichgewicht befindet, der obere Teil ruht mit seinem inneren Ende auf dem untern Stück auf und ist nahe dem äußern Ende an dem Eisenträger aufgehängt; um das untere wagerechte Flacheisen an die beiden Hängeeisen anschrauben zu können, ist das Terrakottenstück am Stirnende offen. Die Konsolen tragen die äußern Kranzplattenstücke, und diese sind wieder durch Flacheisen mit dem Trägerunterflansch verankert, um ein Ausweichen zu verhindern. Der mit Löwenmasken gezierte Rinnleisten bildet eine Terrakottenschicht für sich. Zwischen die Konsolen

Fig. 343.



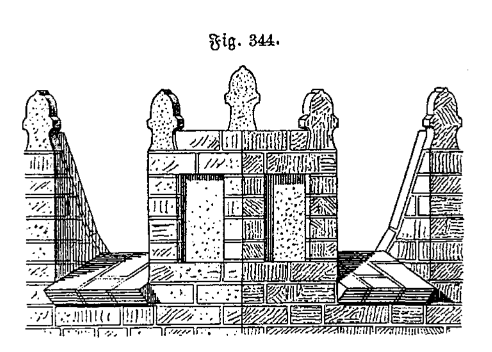
1) Über die Tragfähigkeit der Terrakottenkonsolen, siehe Deutsche Bauztg. 1880, S. 164.

2) Fig. 342 ist nach der Gesimskonstruktion des allgemeinen städtischen Krankenhauses in Berlin gezeichnet, mitgeteilt in der Zeitschrift für Bauwesen 1876, S. 10.

1) Handbuch der Architektur III. Teil, II. Bd., 2. H., S. 167; siehe auch Centralblatt der Bauverwaltung 1882, S. 381.

sind je vier gebrannte Thonstücke für den Kassettengrund und dessen Umrahmung eingesetzt; um diese Stücke und die Konsolen nicht zu belasten, sind über die I-Träger

Fig. 344.



zwei längslaufende ⊥-Eisen gelegt, zwischen die flache Backsteinkappen zur Aufnahme des abdeckenden Mauerwerks eingespannt sind. Die Hohlräume der Kranzplatten-Terrakotten sind mit Cementbeton ausgefüllt.

Über Putzgesimse auf Backstein-Vormauerung ist bereits im § 3 das Nötige mitgeteilt worden.

Bei den Hauptgesimsen werden häufig Haustein und Backstein gleichzeitig angewendet, und zwar in der Weise, daß die wenig ausladenden Unterglieder in gebrannten

Fig. 345.

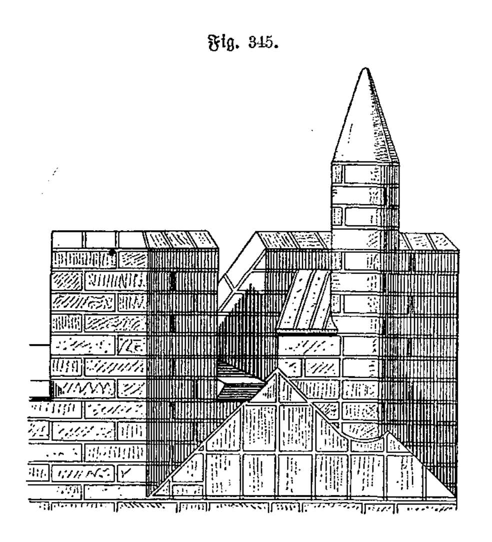
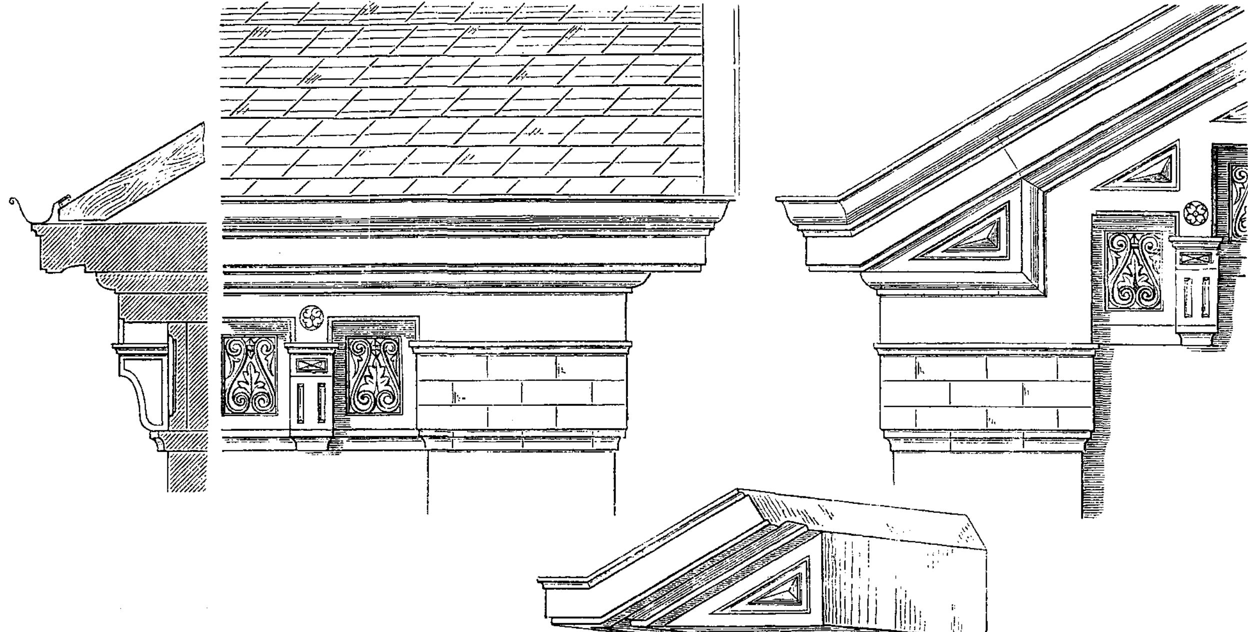


Fig. 346.



Bei Thor-, Burg- und Befestigungsbauten werden über den Gesimsen zur Bekrönung und als Brüstung von Umgängen bisweilen Zinnen angeordnet — siehe Fig. 937, Königsberger Thor in Schönfließ —, die auch in Backsteinen hergestellt werden können. Als Beispiel geben wir in Fig. 344 u. 345 zwei Zinnenbekrönungen vom Soldiner Thor in Schönfließ.[1])

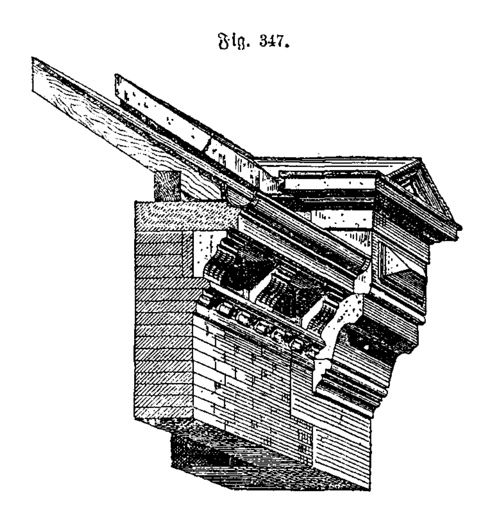
1) Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten Norddeutschlands.

Steinen, die weit ausladenden Hängeplatten dagegen in Werksteinstücken hergestellt werden, wodurch die wesentlichsten Konstruktionsschwierigkeiten der Thongesimse wegfallen. Taf. 24, Fig. 1 u. 2 zeigen ein solches Gesims von dem von Hübsch erbauten Hoftheater in Karlsruhe; die Rinne ist aus Zink, der sogenannte „Schneefang" aus Gußeisen hergestellt.

Weiter sind auf Taf. 25 solche Gesimse mit Hausteinplatten und Untergliedern in gebranntem Thon

mitgeteilt, an denen zugleich die Anordnung von Giebelgesimsen und ihr Anschluß an das horizontale Traufgesimse dargestellt ist. Beabsichtigt man gerade nicht, den antiken Giebel nachzubilden, dessen Eckstück in Fig. 335 u. 336 dargestellt ist, so sind es im wesentlichen zwei Motive, nach welchen die Aufgabe des Anschlusses gelöst werden kann. Entweder wird die Traufgesimsplatte in die des Giebels übergeführt, Fig. 1 und 2, Taf. 25 und Fig. 346, oder es stößt die Traufgesteinsplatte ab, Fig. 12 u. 13, Taf. 25 und Fig. 347, während die Giebelgesimsplatte

Fig. 347.

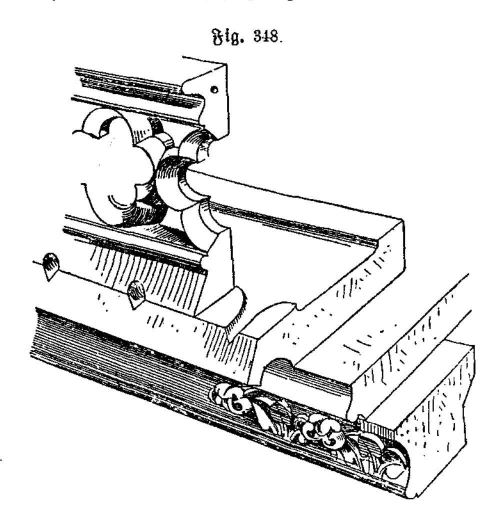


weiter oben, das Eck bekrönend, beginnt. Im ersteren Fall deckt die Dachfläche die Giebelgesimsplatte, während im letzteren dieselbe über die Dachfläche vorsteht. In Fig. 1—8, Taf. 25 ist das Gesimse der Kirche in Bulach bei Karlsruhe, von Hübsch erbaut, dargestellt. Fig. 1 u. 2 sind die Ansichten, Fig. 3 u. 5 die Durchschnitte nach den in Fig. 1 angegebenen Schnittlinien, Fig. 4 der Grundriß, Fig. 6 der Durchschnitt durch das Traufgesimse und endlich Fig. 7 u. 9 die isometrischen Ansichten der beiden ersten Stücke der Giebelgesimsplatte. Das Untergesims besteht aus gebrannten Steinen, mit Ausnahme der Konsolen auf den Ecklisenen. Das Gesims am Maschinenhaus des Bahnhofes in Heidelberg, von Eisenlohr entworfen, zeigen die Fig. 12—15, und zwar Fig. 12 und 13 in den Ansichten, Fig. 14 im Durchschnitt durch das Traufgesimse und Fig. 15 im Durchschnitt durch die Giebelgesimsplatte. Das Untergesims ist hier ebenfalls von Backsteinen konstruiert, wie das des Hauptgebäudes am Bahnhofe in Oos, welches in den Figuren 9—11 dargestellt ist.

Taf. 26 zeigt zwei Motive romanischer Giebelgesimse, und zwar: Fig. 1—3 vom Kloster in Maulbronn und Fig. 4 u. 5 von der evangelischen Kirche in Freiburg i. B., die beide keiner nähern Erläuterung bedürfen.

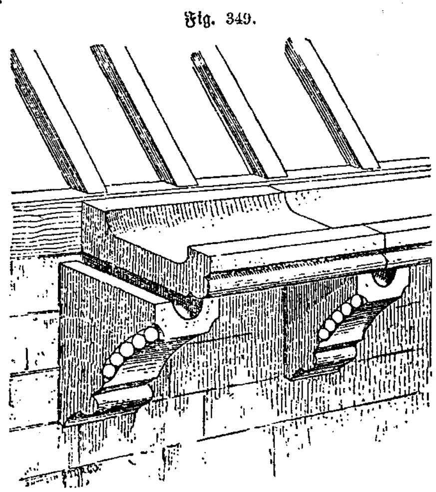
Häufig erhalten die Hauptgesimse noch Attiken oder Brüstungen, Taf. 18, Fig. 4 und Taf. 24, Fig. 3—5, oder auch Zinnen, Taf. 18, Fig. 5 und Fig. 327, wie sich solche insbesondere bei Befestigungsbauten und bei Türmen

Fig. 348.



finden, siehe auch Fig. 325. Bei Terrassenanlagen werden die Rinnen dann in die Gesimsplatten eingearbeitet, wobei besonders sorgfältige Fugendichtung durch Überfalzung und Bleiausstemmung, Fig. 453—456, ausgeführt werden muß, um das Eindringen des Wassers in das Mauerwerk zu verhüten. Das Wasser wird dann entweder in Ablaufrohren gesammelt, Taf. 24, Fig. 4, was bei größeren zu entwässernden Flächen stets vorgesehen werden sollte, oder es kann auch durch kleinere Öffnungen im Brüstungsfuß abgeführt werden, Fig. 348, von der Notre-Dame-Kirche in Paris.

Fig. 349.

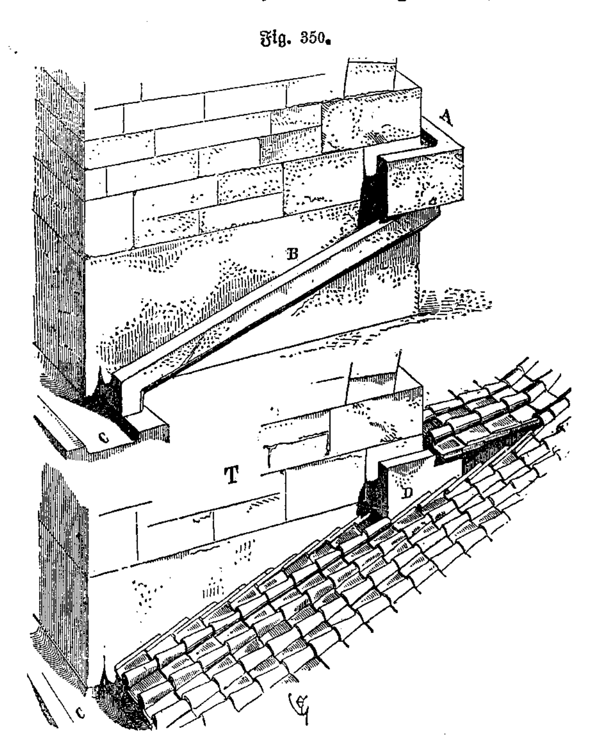


In Fig. 349[1]) geben wir noch die Konstruktion einer mittelalterlichen Hausteinrinne, bei der die Platten auf Konsolen ruhen, die das etwa durch die Stoßfugen dringende Wasser in einem halbrunden Kanal ihrer obern Lagerfläche

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. Heft.

auffangen und nach außen ableiten, und in Fig. 350 die Anordnung einer Steinrinne an einem Pfeiler des Chors der Kathedrale von Langres, die das von oben kommende Wasser aufnehmen und nach beiden Seiten ableiten muß. Die Zeichnung giebt zunächst die Rinnenanlage allein und dann mit der anschließenden Dachdeckung. Das von dem obern Teil der Dachfläche kommende Wasser wird von der Rinne A aufgenommen und von da in die schräge Rinne B und in die Dachrinne C abgeleitet.[1])

Fig. 350.

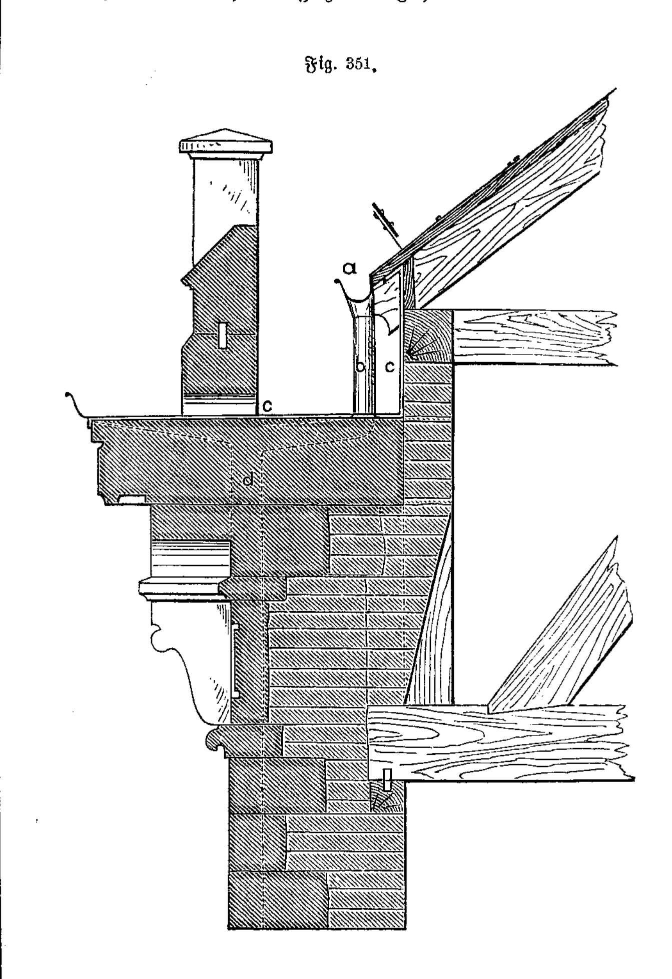


Andere Anordnungen von Rinnenanlagen und Gesimsabdeckungen bei Anlagen von Brüstungen sind in Fig. 459 und Taf. 39 dargestellt.

Werden solche Brüstungen vor Dachflächen angelegt, so verursacht die Konstruktion des Dachkanals bedeutende Schwierigkeiten, da ein dauernd dichter Anschluß durch einfaches Einbinden mit Metall nicht zu erreichen ist. Nur durch Anlage eines begehbaren Ganges zwischen Brüstung und Dachfuß ist eine befriedigende Lösung zu erreichen; Fig. 351 giebt die Konstruktion eines solchen Dachkanals, der allen Anforderungen entspricht, an allen Stellen zugänglich ist, daher leicht unterhalten und bei Schneewehen, wenn nötig, gereinigt werden kann.

Diese Konstruktion ist derart angeordnet, daß die Kniestockwand über die Gesimsplatte erhöht, und längs der wenig darüber vorstehenden Dachfläche ein freihängender Kanal angebracht wird. Um zwischen der Brüstung und dem Kanal einen begehbaren Gang zu erhalten, ist die Kniestockwand „übersetzt", was fast in allen Fällen möglich ist. Die Kniestockwand und die Gesimsplatte sind mit Metall einzubinden, das vorn kanalartig aufgebogen wird, so daß der Wasserabfluß durch das Abfallrohr d ermöglicht ist. Ein Eindringen des Wassers in den Bau ist bei einigermaßen guter Unterhaltung zu umgehen.

Fig. 351.



Bezüglich des Anschlusses der Dachflächen an die Steingesimse sei noch ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß der Sparrenfuß auf der Gesimsausladung nicht aufsitzen darf, sondern ein Zwischenraum verbleiben muß, damit nicht durch das unausbleibliche Setzen der Dachstuhlkonstruktion ein nachteiliger Druck auf das Gesimse ausgeübt wird.

Es sei noch erwähnt, daß in neuerer Zeit Imitationen von Hausteingesimsen auf schwachen Mauern nach System Monier zur Ausführung gekommen sind, die jede beliebige Ausladung erhalten können und deren Konstruktion mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist.

---

1) Viollet-le-Duc, Dictionnaire.

B. Einfassende oder umrahmende Gesimse, Fenster- und Thüröffnungen.

§ 5.

Allgemeines.

Die Fenster- und Thüröffnungen haben den Zweck, den Gebäuden Licht und Luft zuzuführen und sie zugängig zu machen.

Von der Anzahl dieser Öffnungen, von ihrer Größe, Anordnung, Form, ihrem Verhältnis, sowie von ihrer Auszeichnung durch die Umrahmung ist der Charakter eines Gebäudes abhängig. Obschon alle Teile eines Gebäudes zu dessen Charakterisierung beizutragen haben, so kann diese insbesondere durch die Anordnung der Fenster- und Thüröffnungen und ihre Ausbildung in hohem Maße erreicht werden, weshalb sie für die ganze Erscheinung des Gebäudes von großer Bedeutung sind.

Die Form der Fenster ist im allgemeinen die eines stehenden Rechtecks, oder eines Rechtecks, dessen obere Begrenzung ein Kreissegment — Stichbogen —, Halbkreis, Spitzbogen oder eine beliebige andre Kurve ist.

Die Größe der Fensteröffnungen richtet sich nach der Größe der zu beleuchtenden Räume und deren Bestimmung, woraus sich auch der Grad der Stärke der Beleuchtung derselben ergeben wird.

Was das Verhältnis der Breite zur Höhe der Fenster betrifft, so macht man durchschnittlich die Höhe ein und ein halb bis zwei und ein halb mal so groß als die Breite. Das erstere Verhältnis trifft man mehr im Süden an, während das letztere mehr in nördlichen Gegenden üblich ist. Im Süden spielen die Fensteröffnungen überhaupt eine untergeordnetere Rolle als im Norden, wo man dem Lichte den Zutritt möglichst zu erleichtern sucht, während man im Süden des den Augen schädlichen grellen Lichtes und hauptsächlich der Hitze wegen kleine Fenster in geringer Anzahl anordnet. Außer den klimatischen Einflüssen sind Größe und Verhältnis der Fenster abhängig von der Konstruktion, sowie von dem Stil, in welchem das Gebäude ausgeführt werden soll.

Der Hauptunterschied in der Anlage der Fensteröffnungen liegt darin, daß sie entweder einfach oder gekuppelt sein können. Die gekuppelten Fenster sind durch einen gemeinschaftlichen Bogen oder Sturz in ein Ganzes zusammengefaßt, oder sie stehen einzeln nebeneinander.

Zwischenpfeiler aus Backsteinen bei gekuppelten Fenstern sind nur dann möglich, wenn sie wenigstens 25 cm stark werden können; in Haustein können sie schmaler gehalten sein, wogegen sie in Bruchstein breiter werden müssen.

Die Fenster können auch der Höhe nach durch Zwischenstürze, Kämpfersteine, Maßwerke geteilt werden.

Die Höhe der Öffnungen ist durch die Höhe der Stockwerke begrenzt und ist außerdem noch beschränkt durch die Höhe, die für die Konstruktion der Nischenüberdeckung erforderlich ist; für diese rechnet man gewöhnlich als geringstes Maß 0,38 m, wenn in der betreffenden Mauer die Deckenbalken ihr Auflager finden. Dieses Maß kann verringert werden, wenn die Mauer nicht balkentragend ist; es wird aber häufig mit Rücksicht auf statische Verhältnisse, aus formalen Gründen (Durchführen von Deckengesimsen, sachgemäßes Anbringen der Galerien für die Vorhänge und Draperien u. dergl.) oder wegen Unterbringung von Rollläden höher genommen werden müssen.

Bei den Fenstern wird die Höhe außerdem beschränkt durch die Höhe der Fensterbrüstung, die durchschnittlich 0,80—0,90 m hoch angenommen wird, die aber je nach den besonderen Verhältnissen auch höher oder niederer werden kann.

Die Fenster- und Thüröffnungen müssen verschlossen werden können, teils aus Gründen der Sicherheit, teils zum Schutze gegen die Unbilden der Witterung. Es handelt sich deshalb besonders um die Herstellung der Begrenzungen der Maueröffnungen, um die den Verschluß bildenden Fenster und Thüren, die im 2. Bande dieses Handbuches abgehandelt werden, fest und dicht anbringen zu können, und wir unterscheiden je nach der Lage der Teile, die die Begrenzungen bilden:

1. Die Begrenzung unterhalb, bei den Fenstern Sohlbank, Fensterbank, bei den Thüren Schwelle genannt.
2. Die Begrenzungen zur Seite, durch die Benennung Fenster- oder Thürgewände, auch Fenster- oder Thürstöcke bezeichnet.
3. Die Begrenzung oberhalb. Ist sie geradlinig, so heißt sie bei Fenstern und Thüren Sturz, ist sie nach einer krummen Linie gestaltet, Fenster- oder Thürbogen. Alle 3 Teile zusammen nennt man auch Fenster- oder Thürgestell.

Fenster und Thüren werden nicht in einer Ebene mit der Mauerflucht, sondern immer mehr oder weniger hinter dieser zurückliegend angebracht, und man nennt die Flächen, welche die Ebenen der Fenster und Thüren selbst mit der äußern Mauerflucht verbinden, die Fenster- oder Thür-Leibung. Den freien Raum zwischen der Begrenzung der Öffnung nennt man das „Lichte“ derselben, und man spricht deshalb von „Lichtmaßen“, „lichten Maßen“ der Öffnungen (lichte Breite, lichte Höhe).

Wie immer, so muß sich auch bei den Wandöffnungen die Konstruktion nach dem Material richten, und wir müssen daher unterscheiden, ob die Öffnungen mit Hausteinen, mit gewöhnlichen Bruchsteinen oder mit Backsteinen begrenzt werden sollen.

I. Die Fensteröffnungen.

§ 6.

Die Fensterbank.

Ein sehr wichtiger Teil des Fenstergestelles ist die Sohlbank; sie begrenzt das Fenster nach unten und hat sowohl unmittelbar den Regen, wie auch das an den Fensterflächen herabfließende Regenwasser aufzunehmen. Die unter der Sohlbank befindliche Brüstungsmauer muß vor dem Eindringen des Wassers geschützt werden; aus diesem Grunde ist es nötig, daß die Sohlbank breiter wird als die Fensterleibung, daß sie zum raschen Wasserablauf eine geneigte Oberfläche, „Wasserschräge“, erhält, mit ihrer Vorderfläche über die Mauerflucht vorspringt und mit einer Wassernase zum Abtropfen des Wassers versehen ist.

Auf der geneigten Oberfläche, der Wasserschräge, würden die die seitliche Begrenzung der Öffnungen bildenden Steine, die „Gewände“, einen schlechten Stand erhalten; deshalb wird die Wasserschräge nur zwischen den Leibungen hergestellt, während unter den Gewänden horizontale Lager stehen bleiben, Fig. 352. („Standflächen.“)

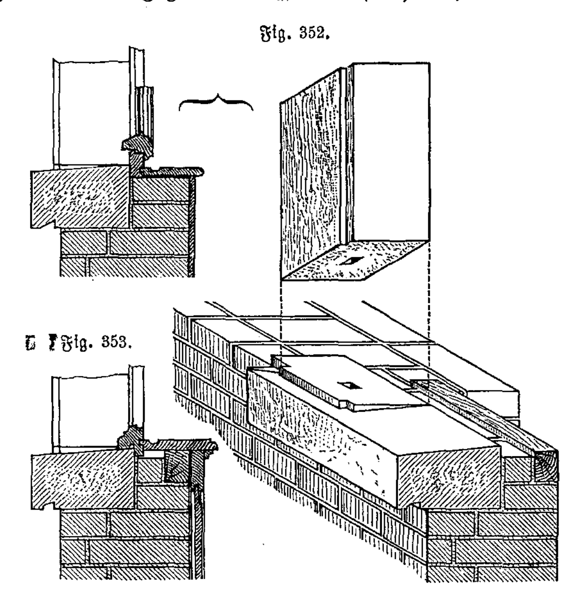

Fig. 352.

Fig. 353.

Bei dieser in Fig. 352 dargestellten Anordnung wird zwar ein dichtes Anschließen des Futterrahmens an die Sohlbank möglich und dadurch der Luftdurchzug verhindert; die Anordnung hat aber den Nachteil, daß diese Anschlußfuge nicht gegen das Eindringen des an den Fenstern herabfließenden Wassers gesichert ist. Die in Fig. 353 dargestellte Konstruktion ist deshalb vorzuziehen, da der übergreifende Wetterschenkel die Fuge deckt; der Wetterschenkel selbst ist wegen der größeren Stärke weniger dem Verziehen und Werfen ausgesetzt.

Noch zweckmäßiger ist es, den Falz, gegen den der Fensterrahmen sich lehnt, nach außen statt nach innen anzuordnen, und die schräge Oberfläche der Sohlbank auch unter dem Wetterschenkel fortreichen zu lassen. Hiernach wird sich der Querschnitt nach Fig. 354 gestalten. A ist

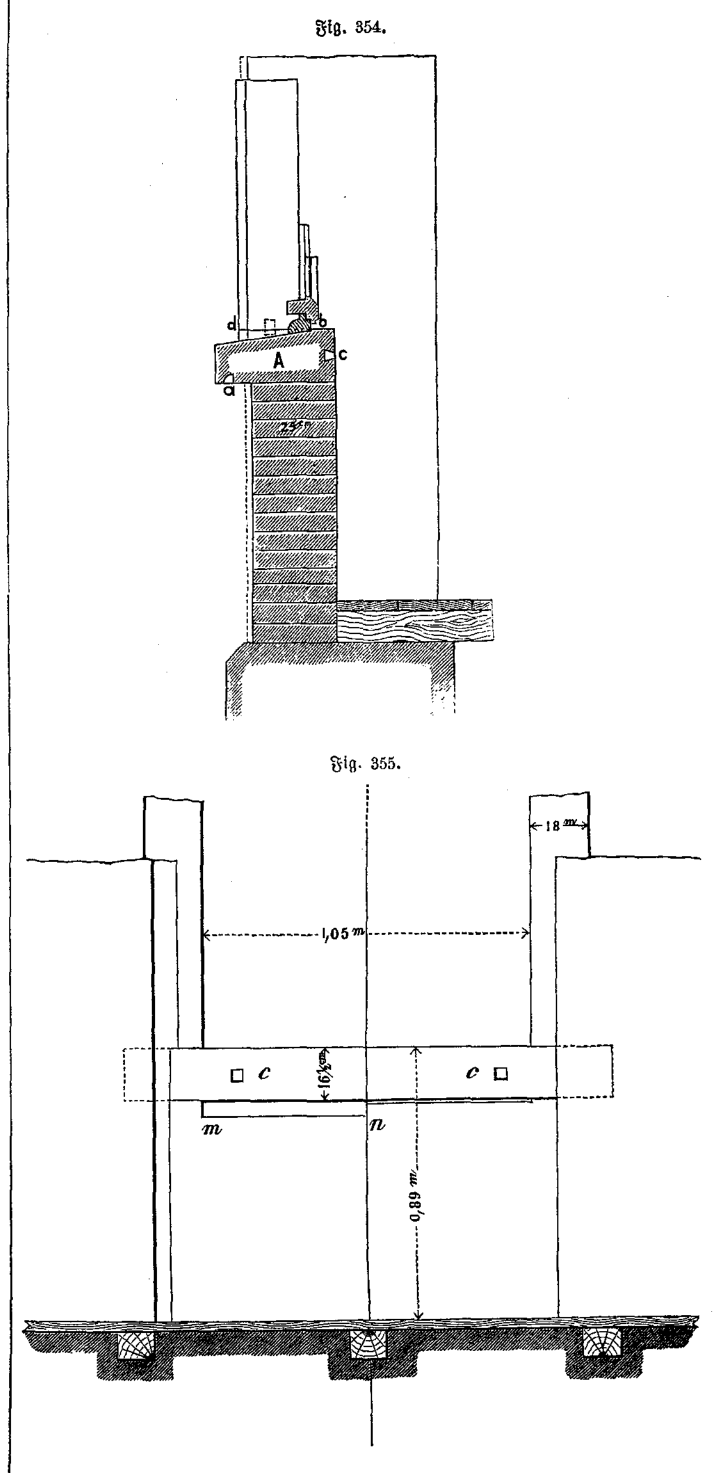


Fig. 354.

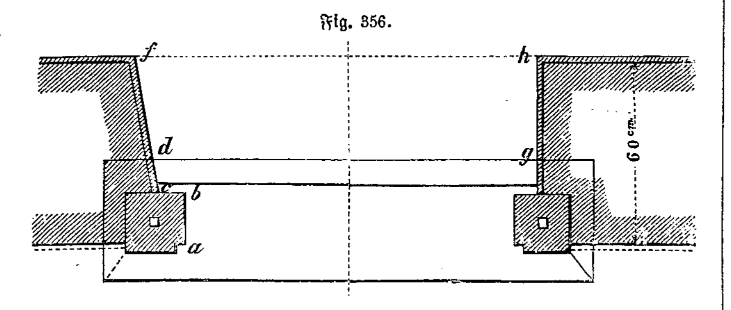
Fig. 355.

die Sohlbank, a die Wassernase, b die Verbindung des untern Teiles des Fensterflügels mit der Futterrahme, c, Fig. 354 und 355, sind sogenannte „Dübellöcher“, die mit eichenen Dübeln ausgefüllt werden und zur Befestigung

Lambris = Brustverkleidung aus Holz, Marmor, Stuck

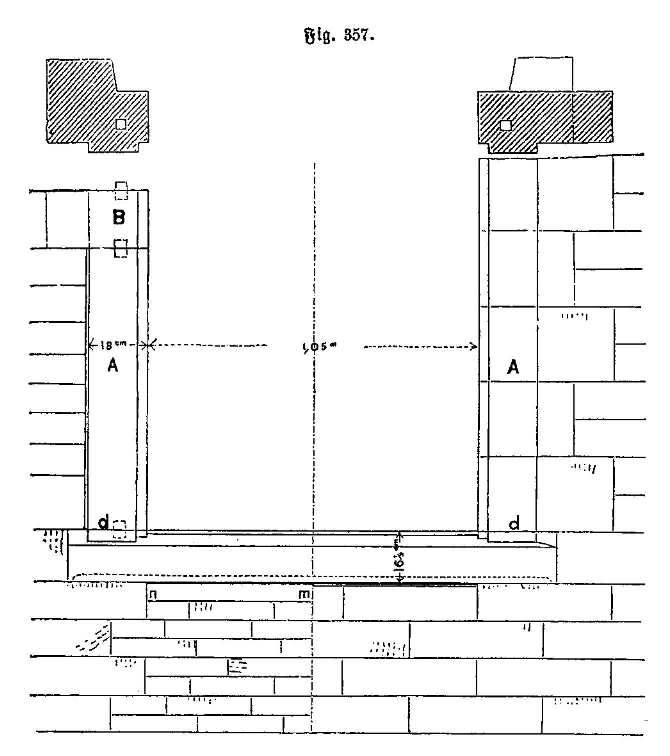
der oberen Rahme der Brustlambris dienen; d, Fig. 354 u. 357, bezeichnet die Standfuge, in die ebenfalls Dübellöcher eingehauen sind, um durch 5—6 cm lange Dübel eine Verbindung mit den Gewänden herstellen zu können. Die ganze Anordnung ist aus dem Grundriß, Fig. 356, und aus der isometrisch gezeichneten Sohlbank, Fig. 358, in allen Teilen ersichtlich. Es ist dabei angenommen,

Fig. 356.



daß der Vorsprung der Sohlbank vor den Gewänden auch seitlich angeordnet ist; dadurch fließt aber das an den Kanten der Gewände herabkommende Wasser an den Wänden weiter und erzeugt Schmutzstreifen. Das einfachste Mittel,

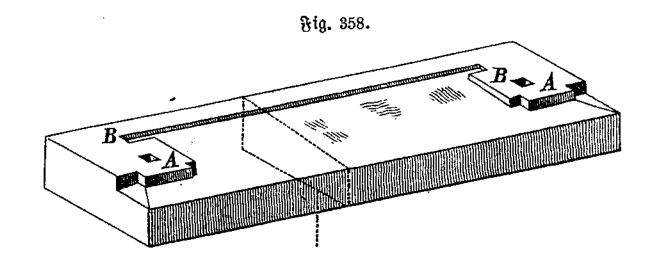
Fig. 357.



um das Wasser von den Wänden abzuweisen, besteht in einer kegelförmigen Überführung der Wasserschräge an den Gewändeaufstand, Fig. 360a, oder in einer förmlichen seitlichen Aufbiegung nach Fig. 360b.

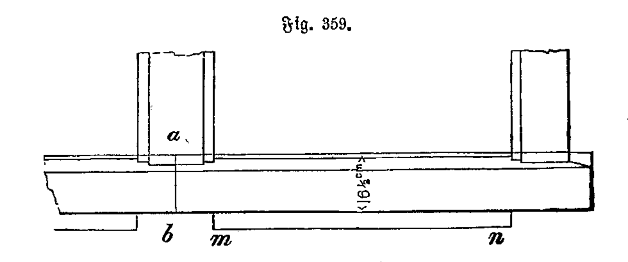
Da die Fenstergewände auf der Sohlbank aufstehen, so übertragen sie die Last des über dem Fenster befindlichen Mauerwerks, und die aus einem Stück bestehende Sohlbank wird daher an dem Setzen des Mauerwerks teilnehmen. Die Brüstungsmauer unter dem Fensterlicht ist dagegen nicht belastet, sie setzt sich deshalb nicht oder nicht in dem gleichen Maße wie die belasteten Teile,

Fig. 358.



wodurch von unten ein Druck auf die untere Begrenzung der Öffnung, die Sohlbank, entsteht, dem diese häufig nicht gewachsen ist, so daß leicht ein Brechen der Sohlbank herbeigeführt wird. Man lagert sie deshalb nur an

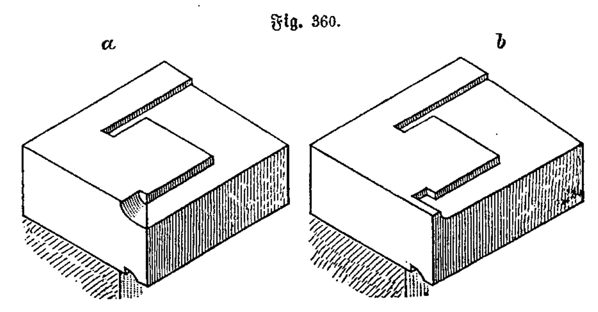
Fig. 359.



ihren Enden auf, so daß zwischen Sohlbank und Brüstungsmauer ein Hohlraum entsteht, den man erst ausfüllt, nachdem das Mauerwerk zur Ruhe gekommen ist, Fig. 355 u. 357, in m—n dargestellt; bei Hausteinverkleidungen ist die Fuge zwischen Quader und Sohlbank offen zu lassen und erst nach erfolgtem Setzen auszufugen, Fig. 355 und 357.

Fig. 360.

a b



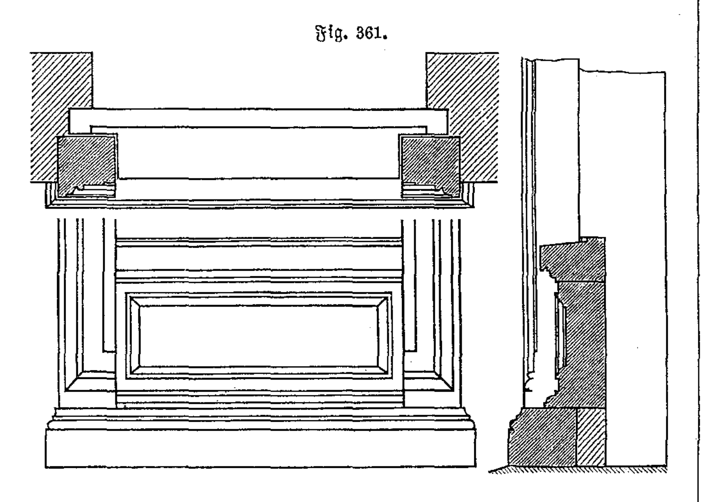
Vermehrt sich die Anzahl der Stützpunkte der Fensterbank, wie dies bei gekuppelten Fenstern eintritt, so muß die Fensterbank aus so vielen Teilen hergestellt werden, als das Fenster Abteilungen hat, da Steine, die auf mehr als zwei Stützpunkten ruhen, leicht durchbrechen; die Bänke sind deshalb nach a—b, Fig. 359, unter den Mittelgewänden zu stoßen.

Die Gefahr des Zerbrechens ist bei den sogenannten „Streifbänken" ausgeschlossen, Fig. 361, da diese nur

zwischen die Gewände eingelegt, eingestreift sind, so daß sie keine Belastung aufzunehmen haben; sie können deshalb auch in ihrer ganzen Länge aufliegen.

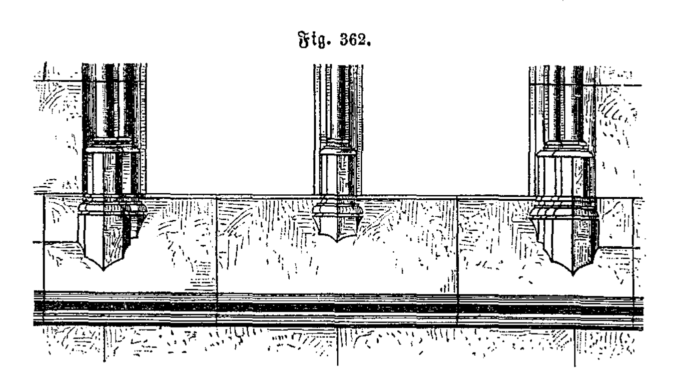
Bei den großen Fenstern der gotischen Kirchen werden häufig an Stelle der durchlaufenden Sohlbänke einzelne

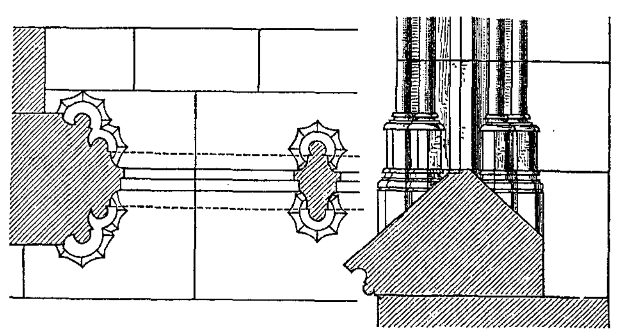
Fig. 361.



Werkstücke verwendet, Fig. 362 u. 363, die am besten so ausgeteilt werden, daß jedes Stück belastet wird, andernfalls infolge der ungleichmäßigen Setzung Deformationen entstehen;

Fig. 362.





die Stoßfugen sind etwas entfernt von den Pfosten und Gewänden anzuordnen, damit das an diesen herabfließende Wasser nicht unmittelbar der Fuge zugeführt wird. Bei dicken Mauern und stark geneigten Wasserschrägen müssen die Sohlbänke der Höhe nach oft aus mehreren Schichten zusammengesetzt werden; spitzwinklige Kanten können durch lotrechte Ebenen abgestumpft werden, Fig. 363, a u. b.

Müssen die Sohlbänke aus Backsteinen hergestellt werden, so führt man geneigte Rollschichten mit guten hartgebrannten Steinen aus, die in Cement gemauert und durch Cementputz oder durch Abdeckung mit Zinkblech, Schieferplatten oder dergl. gegen den unmittelbaren Einfluß der Witterung geschützt werden, Fig. 364. Besser sind die in Fig. 91 u. 92 dargestellten Schrägsteine oder Nasensteine, bei denen dieser Schutzüberzug nicht erforderlich ist, Fig. 365. Auch kann man besondere Formsteine oder hohle Terrakotten verwenden, die sorgfältig in Cementmörtel vermauert werden, so daß eine Fensterbank entsteht, die mit einer solchen aus Haustein Ähnlichkeit hat. (Siehe Gurtgesimse in Formstein und Terrakotten, Fig. 307—314.)

Die Fensterbrüstungsmauern werden meistens schwächer angelegt als der übrige Teil der Mauer, um das Nähertreten zum Fenster und das Hinaussehen zu erleichtern. Hieraus entstehen die bis zum Boden gehenden Fensternischen, die außerdem bei einiger Tiefe den Vorteil eines angenehmen Arbeitsplatzes gewähren. Die geringste Stärke, welche man den Fensterbrüstungsmauern zu geben pflegt, beträgt bei geputzten oder mit Backsteinen verblendeten Mauern eine Backsteinlänge = 25 cm, bei Quaderverkleidung mindestens 30 cm (bei geringen Stärken ist zu empfehlen, die Brüstung hohl zu mauern, Fig. 364). Fig. 356 zeigt eine solche Fensternische; ab bezeichnet die Tiefe der Fensterleibung, cf die Tiefe der Fensternische oder der Fensternischenleibung, und dg die innere Flucht der Brüstungsmauer. Auf der rechten Seite der Figur bildet die Leibung der Fensternische einen rechten Winkel mit der innern Mauerflucht, auf der linken Seite einen stumpfen. Die letztere Anordnung ist bei starken Mauern die gewöhnliche und wird deshalb getroffen, um mehr Licht in die Räume zu bringen. Die Schwierigkeiten, welche bei dieser Anordnung die Herstellung der Bogen über den Fensternischen darbieten, lassen sich, wie wir später sehen werden, leicht überwinden.

Die Abschrägung der Fensternischenleibung hat bei dünnen Mauern keine Bedeutung, dagegen gewährt sie bei dicken mancherlei Vorteile, indem nicht nur der bei starken Mauern so behagliche Arbeitsplatz der Fensternische vergrößert, sondern auch der Lichtstrahlenkegel oder die Lichtstrahlenpyramide, je nach der Fensterform, erweitert wird, wie Fig. 366 erkennen läßt.

Bei Fenstern an mittelalterlichen Bauten, in Mauern oft von 3 m Stärke, finden sich die Fenster häufig nach Fig. 367 angeordnet, wobei zwei Fensternischen, eine äußere und eine innere, mit abgeschrägten Leibungen entstehen; diese Anordnung ist bei starken Mauern im Vergleich zur

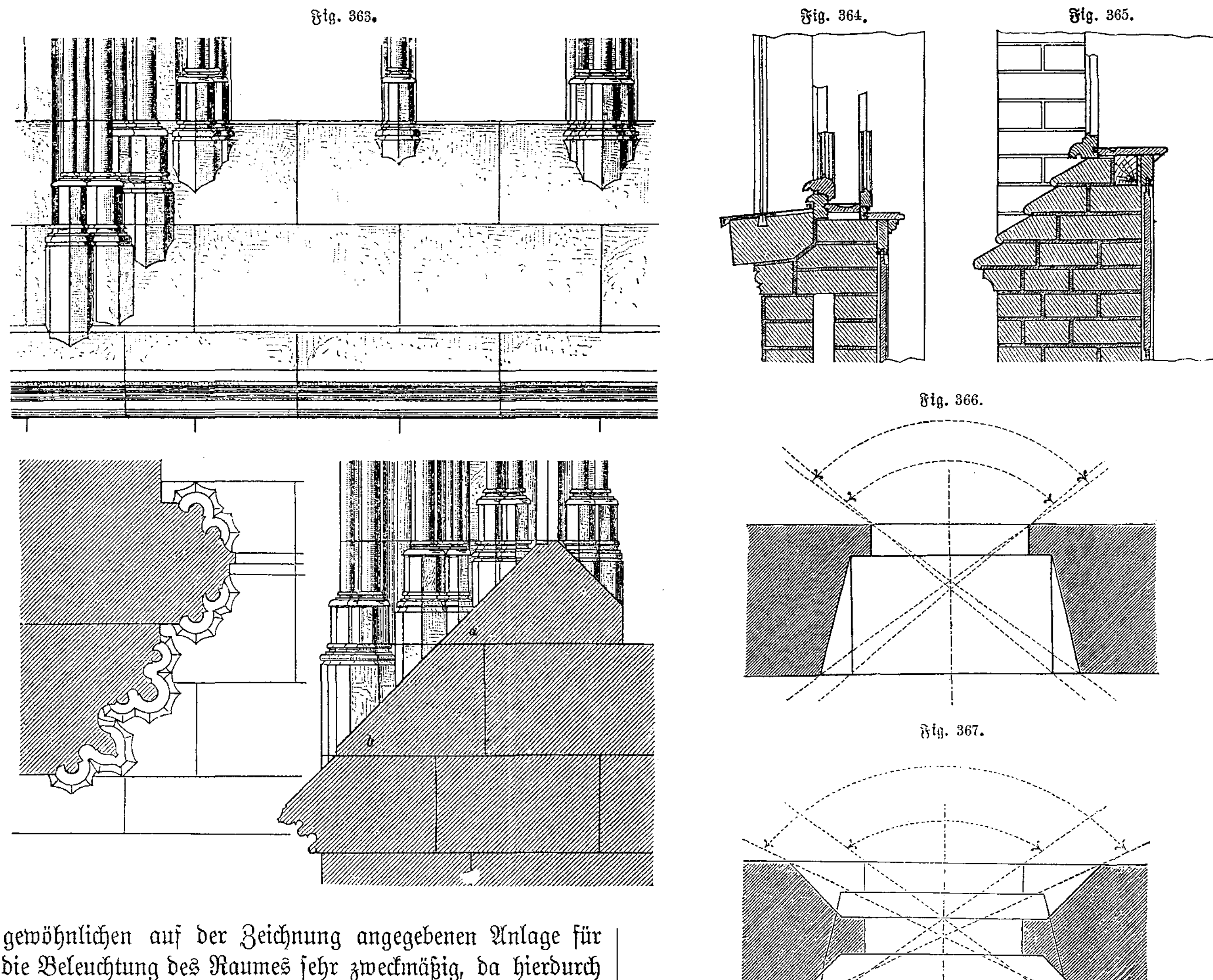


Fig. 363. Fig. 364. Fig. 365. Fig. 366. Fig. 367.

gewöhnlichen auf der Zeichnung angegebenen Anlage für die Beleuchtung des Raumes sehr zweckmäßig, da hierdurch eine wesentliche Vergrößerung des Lichtstrahlenkegels erreicht wird.

§ 7.

Die Fenstergewände.

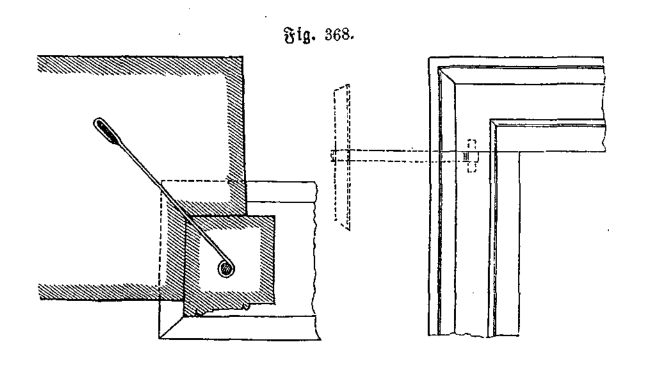
Die innere Seite b c der Fenstergewände, Fig. 356, deren Breite bei einfachen Fenstern ca. 8 cm, bei inneren Doppelfenstern 12 cm und bei Anlage von inneren Klappladen 12—18 cm betragen soll und Anschlag genannt wird, dient namentlich zum Anschlagen des Fensterfutters, in das sich die Rahmen der Fensterflügel einfälzen und auf dem sie ihre Befestigung finden. Das in die hier entstehende Fuge eindringende Wasser kann wegen der lotrechten Stellung derselben leicht abfließen und durch die Sohlbank unschädlich abgeführt werden. Es muß daher auch der Falz B, B, Fig. 358, auf Anschlagbreite an der Fensterbank hinter den Gewändeansätzen fortgeführt werden. Die Breite des Falzes richtet sich nach der Stärke der Futterrahme und beträgt 3—4½ cm. Der Fensterrahmen, „Fensterfutter“, wird in Haarkalk, welcher am Anschlag der Gewände und des Sturzes angetragen wird, eingedrückt, um die Unebenheiten der Gewände auszugleichen, hauptsächlich aber, um die Fuge zwischen dem Fensterrahmen und dem steinernen Fenstergestelle zu dichten. Was die Stärke der Gewände betrifft, so läßt man letztere bei schwachen Mauern von etwa 1 Stein Stärke am besten durch die ganze Mauerdicke durchgreifen, wobei eine Breite von 12—15 cm für die Gewände genügt. Da jedoch bei dieser Konstruktion das eigentliche Fenster zu weit zurückgesetzt würde, wollte man es an der inneren Seite der Gewände anschlagen, so fälzt man diese bis etwa in die Mitte ihrer Leibung auf 6 cm Breite aus, wodurch man die für das Fenster nötige Anschlagbreite gewinnt, um es wieder auf gewöhnliche Leibungstiefe der Gewände einsetzen

zu können. Bei stärkeren Mauern werden die Gewände nicht durch die ganze Mauerstärke geführt, sondern sie haben nur die Aufgabe, an der Außenseite die Lichtöffnung lotrecht zu begrenzen und dem Fenster einen Anschlag darzubieten.

Die Gewände bestehen entweder aus langen, auf das Haupt gestellten Stücken, Fig. 1 u. 2, Taf. 31, oder sie werden aus einzelnen Quaderschichten im Verbande mit dem anschließenden Mauerwerk hergestellt, Fig. 357 rechts und Taf. 32. Diese letztere Konstruktion gestattet ein gleichmäßiges Setzen der Mauern und der Einfassungen, was nicht möglich ist, wenn die Gewände auf die ganze Höhe aus einem Stück bestehen oder aus nur wenigen Stücken zusammengesetzt sind; trotzdem ist diese Konstruktion die herrschende, da mit Hilfe der langen Gewändestücke eine bequeme, leichte und saubere Ausführung der Profilierungen möglich ist.

Die Nachteile der langen Gewände sucht man häufig dadurch zu mildern, daß man sie der Höhe nach teilt und Bindersteine einlegt, Fig. 357, die mit den Gewändestücken durch Dübel verbunden werden; solche Bindersteine werden häufig auch an den oberen Enden der Gewände unmittelbar unter dem Sturze angebracht, um eine Verbindung mit dem Mauerwerk herzustellen; sie haben gewöhnlich die Gewändestärke zur Höhe und greifen 30—60 cm in die Mauer ein. Infolge des Setzens des Mauerwerks brechen aber die einbindenden Teile leicht ab, wodurch die Wirkung des Binders verloren geht.

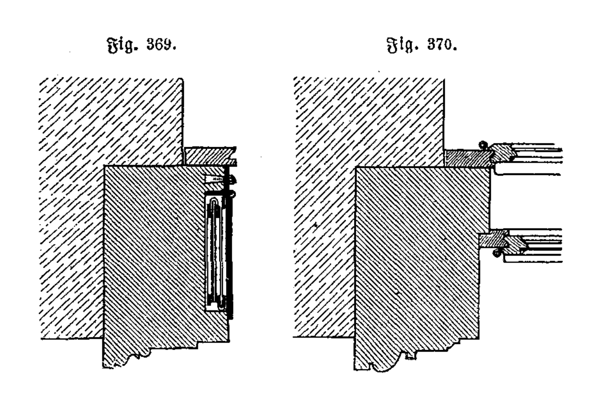
Fig. 368.



Lange schwache Gewände lassen sich mit dem Mauerwerk besser durch die sogenannten „Stichanker" verbinden, Fig. 368, die der Bewegung des Materials beim Setzen folgen, ohne daß die gute Verbindung aufgehoben wird.

Bei Anlage von äußeren Laden (Schlagladen) erhalten die Gewände einen besonderen Falz, den „Ladenfalz" (Spunden), in den sich die Laden in geschlossenem Zustande einlegen, und der auch an dem Sturze vorhanden sein muß, Fig. 356. Für eiserne Klappladen, wie sie an vielen Orten gebräuchlich sind, werden die Fensterleibungen mit ca. 25 cm breiten und 4—5 cm tiefen Einsätzen versehen, in die die Laden eingeklappt werden, so daß sie bündig mit den Gewändeleibungen liegen, Fig. 369. Auch für die äußeren Winterfenster, die nach außen aufschlagen, empfiehlt sich die Anordnung von Falzen an den Gewänden, der Bank und dem Sturz, wodurch ein dichterer Abschluß erreicht wird, Fig. 370.

Fig. 369. Fig. 370.



Werden die Gewände mit gewöhnlichen Backsteinen oder Verblendern aufgemauert, so hat dies nach den in Fig. 43 gegebenen Anordnungen zu geschehen, auf die wir hier verweisen. Reichere Formen werden in Formsteinen oder in Terrakotten hergestellt, wovon Taf. 34 einige Beispiele zeigt.

§ 8.

Der Fenstersturz.

Der Fenstersturz, der wie die Gewände zur Befestigung des Fensters dient, bildet den obern Abschluß der Fensteröffnung — die Decke — und diese Bestimmung macht ihn für die Konstruktion wichtig.

Diese Überdeckung kann geradlinig oder bogenförmig gestaltet sein. Die geradlinige Überdeckung erfolgt in der Regel durch einen Steinbalken, den Fenstersturz, Fig. 371 a, der außer seiner eigenen Last keine fremde tragen kann. Da sich aber über der Fensteröffnung immer noch mehr oder weniger Mauerwerk befindet, auf dem häufig noch das Zwischen- oder das Dachgebälk sein Auflager findet, so hat die Überdeckung meist eine ziemlich bedeutende Last aufzunehmen. Man führt deshalb über dem Sturz, der dieselbe Leibungstiefe wie die Gewände erhält, einen Entlastungsbogen, Schutzbogen, aus, und da auch zur Abdeckung der Fensternische ein Bogen notwendig ist, so werden gewöhnlich zwei solcher erforderlich, die entweder unabhängig voneinander oder als ein durchgehender Bogen von verschiedener Stärke ausgeführt werden können, Fig. 371 a—d.

Die zur Überspannung der Fensternischen dienenden Bogen werden in vielen Fällen sehr flach ausfallen, weil man die Fensteröffnungen gern so hoch als möglich macht, so daß zwischen Sturz und Decke nur ein geringer Raum zur Verfügung bleibt. Hat der Nischenbogen ein Gebälk zu tragen, so soll man ihn bei einer Spannweite von etwa 1—1,20 m nicht unter 25 cm stark machen.

Befinden sich über dem Sturz noch Fries und Verdachung, und kann in dem Fries eine geeignete und event. durch eine Steinplatte zu verdeckende Entlastungskonstruktion (Bogen oder I-Schienen) nicht untergebracht werden, so muß der vordere Entlastungsbogen über die Verdachung gerückt werden; die beiden Bogen stehen dann nicht mehr in Verbindung und es ist, besonders wenn die Öffnung groß ist und sich bedeutende Mauermassen über ihr befinden, in entsprechender Höhe ein durch die ganze Mauerstärke reichender zweiter Entlastungsbogen A B anzuordnen, Fig. 372. Die Bogen werden am geeignetsten in Backstein ausgeführt; der Verband ist durch je zwei Schichten dargestellt, Fig. 372 a, b, c.

Fig. 371.

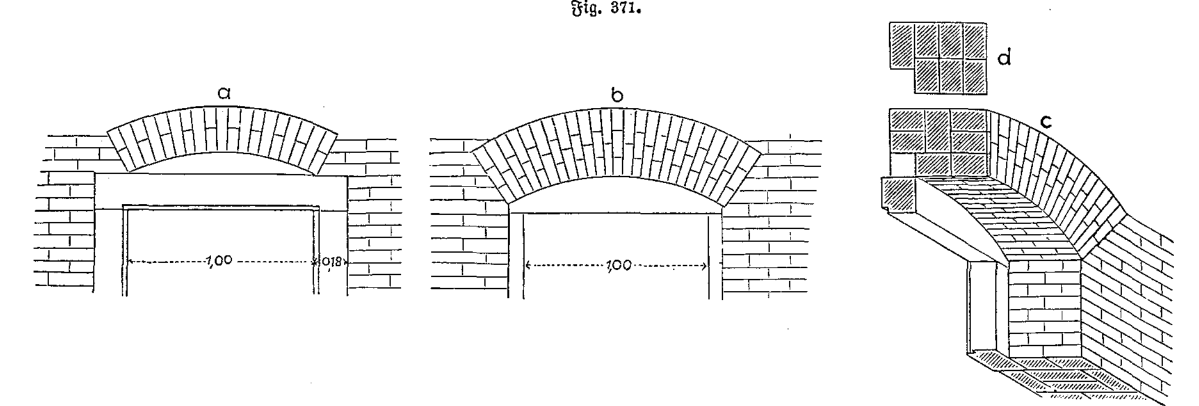
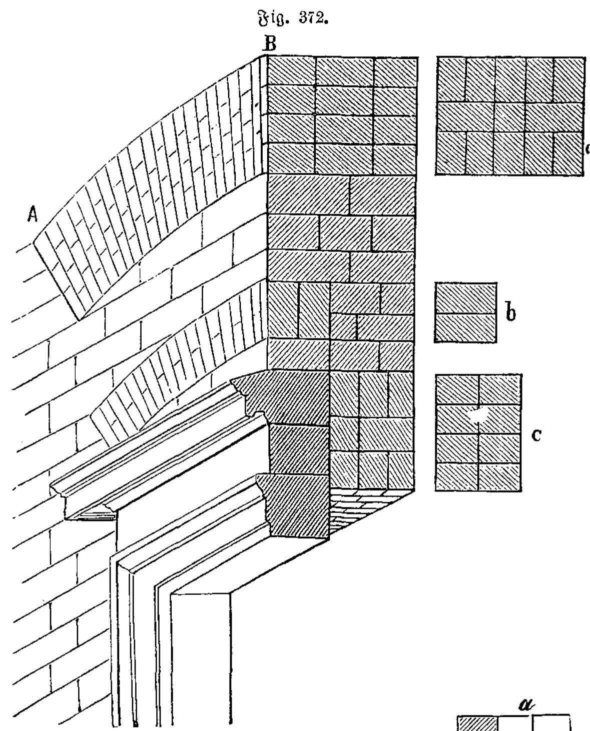


Fig. 372.

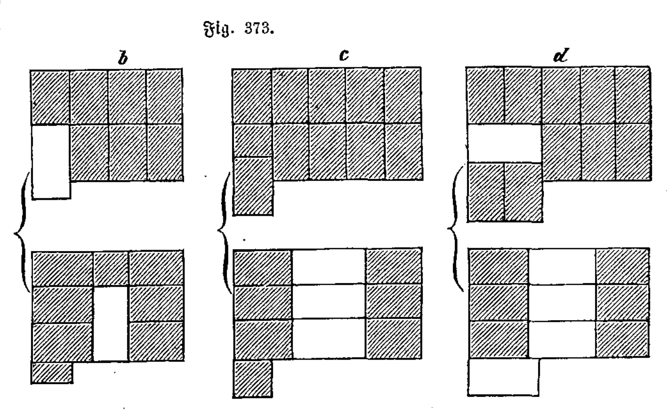


Soll der Fenstersturz in Backsteinen hergestellt werden, so muß er immer als Bogen konstruiert und mit einem Anschlag für den Fensterrahmen versehen sein. Für die gebräuchlichsten Mauerstärken sind in Fig. 373 a—d die Verbände dargestellt, die auch für die scheitrechten Bogen gelten.

Fig. 374 zeigt die Ansicht und den Durchschnitt eines als scheitrechten Bogen in Backsteinen hergestellten und mit Putz überzogenen Sturzes mit Fries und Verdachung. Die Vormauerung für letztere ist in der Ansicht einpunktiert.

Der scheitrechte Sturz kann, insbesondere bei etwas größeren Spannweiten, durch einen darüber liegenden Segmentbogen entlastet werden; bei Doppelfenstern spannt sich dieser über beide scheitrechte Bogen, Fig. 375.

Fig. 373.



An manchen Orten ist es gebräuchlich, den Nischenbogen nach einer Kreislinie auszuführen, Fig. 376, nach a b c, auch wenn der Sturz scheitrecht eingewölbt ist.

Da aber beide Bogen im Zusammenhange, d. h. im gemeinschaftlichen Steinverbande gewölbt werden müssen, so empfiehlt es sich, auch den Nischenbogen scheitrecht einzuwölben, wodurch er jedenfalls nicht weniger tragfähig wird.

Fig. 374.

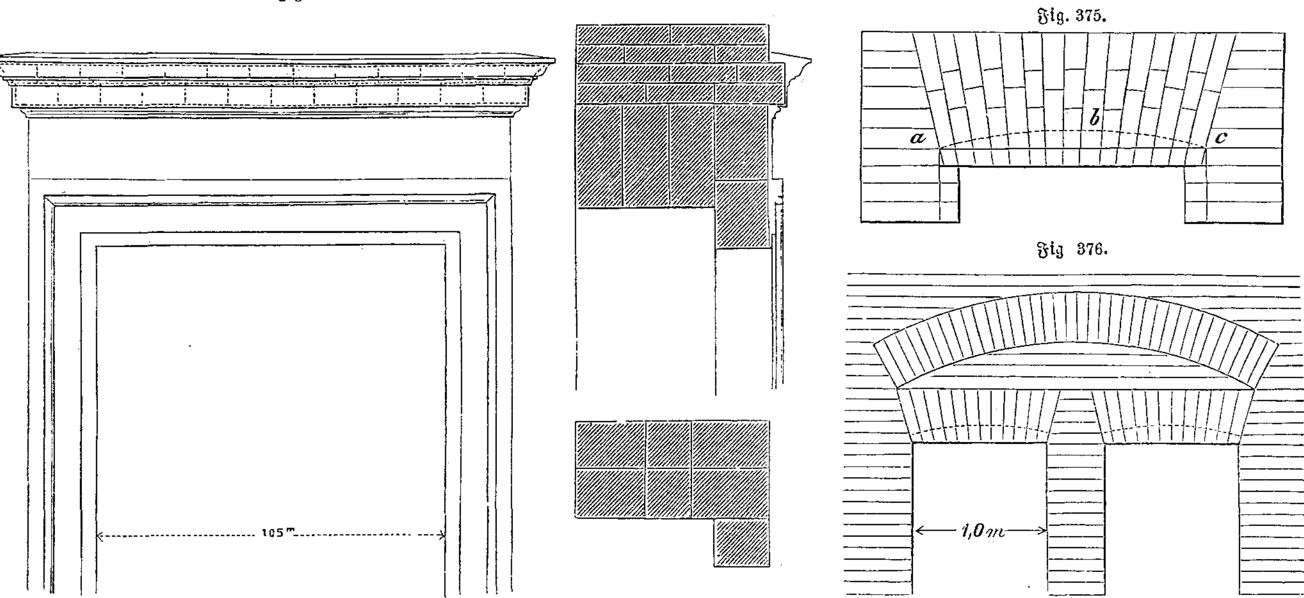
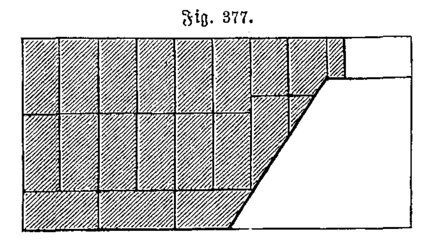


Fig. 375.

Fig 376.

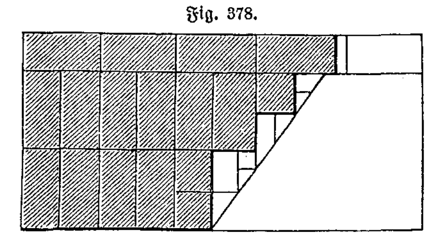
Die Ausführung der Nischenbogen ist so lange mit keinen Schwierigkeiten verbunden, als die Leibungen der Fensternische senkrecht zur Mauerflucht stehen. Sollen aber die Leibungen divergieren („Verkleifung" erhalten), so ist ein vielfaches Verhauen der Backsteine, selbst in den ge-

Fig. 377.



wöhnlichen wagerechten Mauerschichten, nicht zu vermeiden, wie dies Fig. 377 zeigt. Der Fensterbogen aber erfordert, wenn er einige Festigkeit gewähren soll, eine besondere

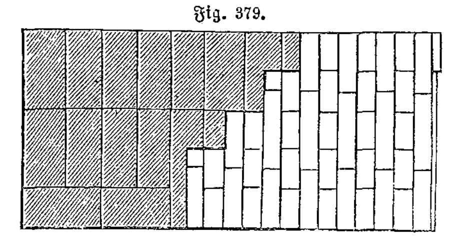
Fig. 378.



Aufmerksamkeit. Da nämlich der Bogen innen weiter ist als außen, so enthält er dort auch mehr Schichten, und man wird die hieraus entstehenden Schwierigkeiten nur überwinden können, wenn man den Bogen absatzweise nach hinten weiter werden läßt, wie dies Fig. 378—381 erklären.

Fig. 378 zeigt die Anordnung des in Fig. 381 isometrisch dargestellten Widerlagers in der Höhe der Schicht a b c, Fig. 380; letztere Figur zeigt zugleich die innere Ansicht des Fensterbogens und Fig. 379 die Rückenansicht desselben. Aus Fig. 380 u. 381 ersieht man, daß die mit A, B, C und D bezeichneten Widerlager nicht parallel sein können, und hierin möchte gerade, will man genau verfahren, die Hauptschwierigkeit zu suchen sein. Man

Fig. 379.



könnte zwar das Widerlager A in einer Ebene durch die ganze Mauerstärke hindurchlaufen lassen, wodurch dann der äußere Fensterbogen auf jeder Seite um das Stück E D,

Fig. 380.

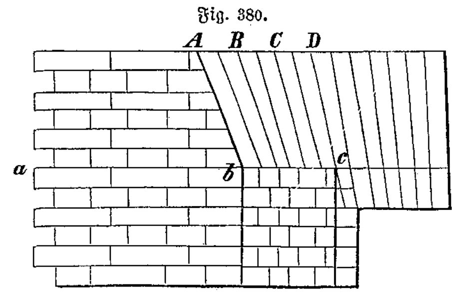
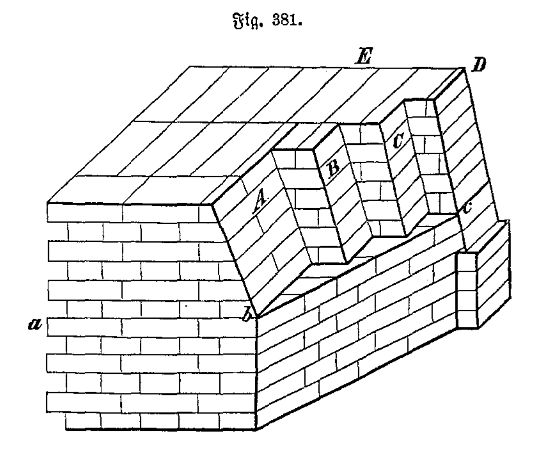


Fig. 381, weiter werden würde, was jedoch, wenn das Mauerwerk ohne Putz bleibt, sehr übel aussieht, außerdem

aber auch (wenn die Pfeiler zwischen zwei Fenstern nicht sehr breit sind) den konstruktiven Nachteil mit sich bringt, diesen Pfeiler zu sehr zu schwächen und ihn zum Tragen des darüber befindlichen Mauerwerks ungeeignet zu machen, weshalb man dies letztere Verfahren nur da wird anwenden können, wo die Divergenz der Fensterleibungen unbedeutend ist.

Um eine horizontal abgedeckte Fensternische zu erhalten, hat man auch eine Holzkonstruktion angewendet, indem man unter dem Bogen 12 cm starke eichene Riegel eingemauert hat. Obgleich diese Deckhölzer eine leichte Befestigung der Gardinengalerien und Rouleauhaken gestatten, ist die Konstruktion doch nicht zu empfehlen und auch nach den meisten neueren Bauordnungen ausgeschlossen.

Fig. 381.



An Stelle dieser veralteten Konstruktion verwendet man in der Neuzeit häufig I- und ⊏-Schienen zur Überdeckung der Fensternischen, wenn Backsteinbogen wegen Mangel an Raum oder wegen zu großer Spannweiten nicht mehr ausgeführt werden können. Dies tritt besonders da ein, wo in der Fensternische Raum zur Unterbringung von Rollladen und Rolljalousien geschaffen werden muß, und bei den breiten Schaufenstern der modernen Kaufhäuser. Die Schienenkonstruktion dient alsdann zur Abdeckung der Fensternische, zur Aufnahme des Gebälks und des aufgehenden Mauerwerks und häufig zur Entlastung der weit freiliegenden Steinarchitrave. Die Konstruktion wird oft dadurch erschwert, daß der zwischen Fenstersturz und Decke vorhandene Raum nicht mehr genügt, um den Rollladen und die Unterstützung des Gebälks unterzubringen. Taf. 27, Fig. 1—7, zeigt einige derartige Anordnungen, die sämtlich eigenen Ausführungen entnommen sind und nur geringe Erläuterungen nötig machen werden.

Fig. 1 zeigt die Überdeckung eines großen Schaufensters, die aus fünf Stück I-Schienen besteht, von denen drei über der Nische und zwei über dem Architrav liegen, so daß dieser ganz entlastet ist und nur die dünnen Friesplatten aufzunehmen hat. Die Schienen sind in ihrer Lage durch genau eingepaßte Gasrohrstücke mit durchgehenden Schraubenbolzen gesichert und ausbetoniert, um ein gutes Auflager für das aufgehende Mauerwerk zu schaffen.

In die an der inneren Mauerflucht liegende, das Gebälk unmittelbar aufnehmende Schiene sind eichene Klötzchen eingepaßt und festgeschraubt, die zur Befestigung der Gipsdielenverkleidung dienen, auf die der Wandputz, sowie das Deckengesims aufgebracht werden. Eine Verkleidung mit Gipsdielen oder Spreutafeln ist einer gewöhnlichen Bretterverschalung vorzuziehen, da sie nicht „arbeitet“ und deshalb Risse im Putz und Gesimse vermieden werden. Der Verputz kann jedoch auch auf konisch geschnittenen „Gipslatten“ aufgetragen werden (s. Fig. 3 u. 7, Taf. 27). Die Decke der Nische hat in besonderer Rahme einen nach unten klappenden Laden, um jederzeit bequem zum Rollladen gelangen zu können.

Fig. 2 zeigt die Überdeckung eines ca. 1,70 m breiten Fensters, die aus zwei Stück ⊏-Eisen besteht, die unmittelbar zur Aufnahme der Deckenbalken dienen und gleichfalls ausbetoniert sind; die beiden ⊏-Schienen sind durch übergelegte und abgekröpfte Flacheisen zusammengehalten und mit diesen verschraubt oder vernietet; die Schienen werden, um ein gutes Haften des Gipsputzes zu erreichen, entweder 1 cm stark mit einem rauhen Cementmörtel beworfen, zu welchem Zweck die Schienen nicht mit Mennigfarbe angestrichen werden, oder sie werden mit einem rauhen Sackstoff (Staff) überspannt.

In Fig. 3 besteht die Überdeckung aus einer ⊏- und einer I-Schiene; der Rollladenkasten über dem Kastenfenster ist so ausgebildet, daß ein Rouleau angebracht werden kann, ohne das Öffnen der oberen Fensterflügel zu hindern; der Klappladen liegt in der inneren Mauerfläche.

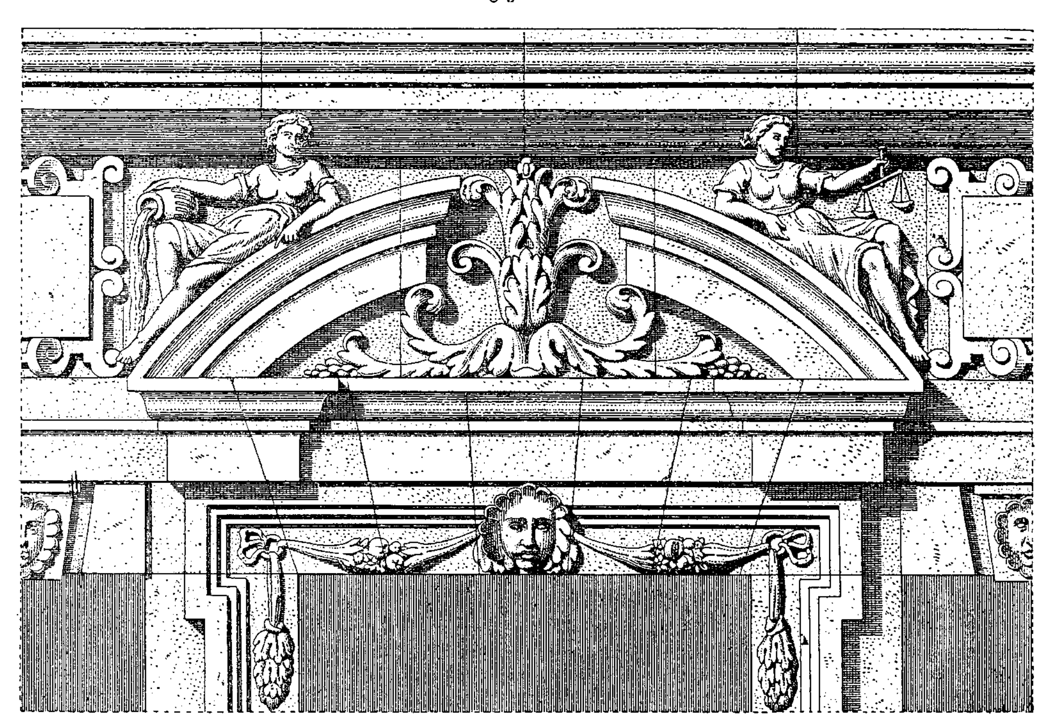
In Fig. 5 liegt bei geringer Mauerdicke der Rollladen so hoch, daß die Deckenbalken durch einzelne Winkel oder durch durchlaufende Winkeleisen unterstützt werden müssen, die an eine gleich hoch liegende, zur Überdeckung der Fensternische dienende ⊏-Schiene angeschraubt oder vernietet werden.

Fig. 6 zeigt wieder eine Schaufensterkonstruktion, während Fig. 7 die Überdeckung eines gewöhnlichen Fensters mit Rollladen darstellt, bei dem die Höhe ausreicht, um die Deckenbalken durch untergelegte ⊏-Schienen zu unterstützen.

Bei den großen Schaufenstern, bei Einfahrten u. dergl. kommt es häufig vor, daß die Architravsteine außer der Entlastung noch einer Unterstützung bedürfen, entweder, weil sie bei der bedeutenden Spannweite nicht stark genug

sind, sich frei zu tragen, oder weil Steine von der notwendigen Länge nicht zu haben sind und der Architrav der Länge nach aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden muß. Eine Verstärkung des Architravs kann in einfacher Weise durch eine auf der Rückseite eingelassene und eincementierte ⊏-Schiene vorgenommen werden, Taf. 27, Fig. 4; die Untersicht der Schiene wird entweder im Steintone mit Ölfarbe gestrichen oder besser nach der in der Figur angegebenen Weise mit Holzgesimsen verkleidet. Eine wirksame Unterstützung zeigt die in Fig. 1, Taf. 27, angegebene Konstruktion mit einer flachliegenden werden, Fig. 382.[1]) Den bei den scheitrechten Bogen leicht auftretenden Übelstand, daß die Werksteine sehr scharfe Kanten erhalten, sucht man durch Anordnung gebrochener Gewölbefugen zu vermeiden, Fig. 383 u. 384. Die Hackensteine, die besonders bei den scheitrechten Bogen häufig in Anwendung kommen und sehr gut wirken, Fig. 385 u. 386, haben in konstruktiver Beziehung den Nachteil, daß sie bei nicht sehr sorgfältiger Arbeit infolge der verschiedenen im Stein wirkenden Pressungen leicht durchbrechen; größte Sorgfalt beim Versetzen ist daher unbedingtes Erfordernis.

Fig. 382.

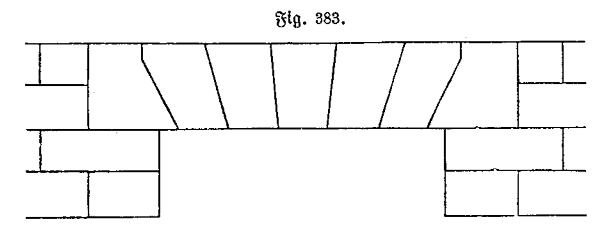


und ausbetonierten ⊔-Schiene, die ebenfalls im Steintone angestrichen werden muß, während Fig. 6, Taf. 27, zeigt, wie in vorzüglicher Weise ein weit freiliegender Architrav an die Entlastungsschienen aufgehängt werden kann; die Schraubenmuttern werden durch Rosetten verdeckt.

Die wagerechte Überdeckung der Öffnungen ohne Benutzung von Steinbalken, die an vielen Orten in den nötigen Abmessungen nicht zu erhalten sind, führt zur Anwendung des scheitrechten Bogens, der seiner Natur nach nicht geeignet ist, große Lasten aufzunehmen, und der deshalb nur bei geringen Spannweiten ausgeführt werden kann, wenn künstliche Konstruktionen vermieden werden sollen. So werden in Frankreich bei Anwendung des leicht zu bearbeitenden Kalksteins die Fenserstürze meistens als scheitrechte Bogen konstruiert, wobei die Profilierungen erst nach dem Versetzen ausgearbeitet

Um eine bessere Verbindung zwischen den einzelnen Steinen des scheitrechten Bogens zu erreichen und ein

Fig. 383.



Abgleiten zu verhüten, hat man auch Verhakungen angeordnet, deren konstruktiver Wert sehr zweifelhaft ist, Fig. 387 a u. b.[2]) Mehr empfiehlt sich die Anwendung

1) Nach Sauvageot, Palais, Châteaux etc. de France.

2) Über ähnliche Ausführungen in Terrakotten, siehe Centralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 606.

breiter Steinklammern in Z-Form, die in die Lagerfugen eingelegt werden; sie erhalten etwa $^2/_3$ der Länge der Lagerfugen, greifen mit dem oberen Arm in den äußeren, dem Auflager näher liegenden und mit dem unteren Arm in den inneren Gewölbestein ein, mit dem sie vor dem

Fig. 384.

Fig. 385.

Fig. 386.

Versetzen sorgfältig vergossen werden; der obere Arm wird nach dem Versetzen von oben her vergossen, so daß nunmehr ein Gleiten der Steine auf der Lagerfläche ausgeschlossen ist, Fig. 388.

Bei größeren Konstruktionen muß der scheitrechte Bogen an darüberliegende Eisenträger aufgehängt werden, was z. B. nach der Taf. 27, Fig. 6 gegebenen Anordnung geschehen kann.[1])

1) Siehe die Großkonstruktion am Justizpalast in Brüssel in M. Contag, Neuere Eisenkonstruktionen in Belgien und Frankreich.

Werden die Fensteröffnungen nicht gerade, sondern bogenförmig geschlossen, so werden die mit Gliederungen versehenen Hausteinbogen aus einzelnen keilförmigen Steinen mit nach dem Bogenmittelpunkte gehenden Fugen hergestellt und oft mit einem zur Leibung konzentrischen Rücken ver-

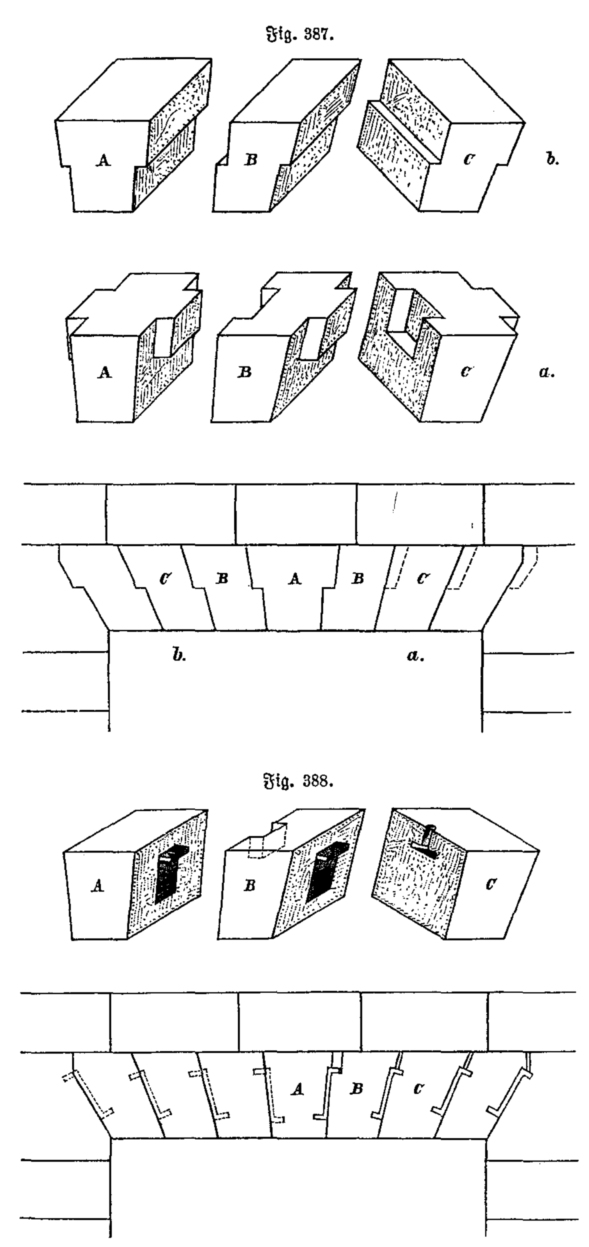


Fig. 387.

Fig. 388.

sehen, Fig. 389. Dadurch bekommen die wagerecht anschließenden Hausteinschichten in der Nähe des Scheitels sehr scharfe Winkel α, die man auf verschiedene Weise zu vermeiden sucht.

Bei den Florentiner Palästen der Frührenaissance wird der Übelstand dadurch gemildert, daß die Rückenfläche der halbkreisförmigen Bogen nach einem Spitzbogen gebildet wird, Fig. 390. Am gebräuchlichsten ist jedoch die

Anwendung von fünfeckig gestalteten Wölbsteinen, die einen rechtwinklig gebrochenen Bogenrücken ergeben, wodurch ein richtiger Anschluß an die Mauerwerksschichten vermittelt wird. Hierbei tritt indessen der Übelstand ein, wenn man

Fig. 389.

Fig. 390.

Fig. 391.

die Horizontalschichten von gleicher Höhe und alle Gewölbefugen von gleicher Länge machen will, daß die Gewölbesteine nach dem Scheitel hin zu groß werden, Fig. 391 a; oder, wenn man die Gewölbesteine in der Leibung gleich groß und die Gewölbefugen gleich lang macht, daß die Horizontalschichten nach oben zu niedrig werden, Fig. 391 b. Am leichtesten gelangt man zum Ziele, wenn man die Horizontalschichten alle gleich hoch nimmt und die Gewölbesteine in der Art austeilt, daß die Schnitt-

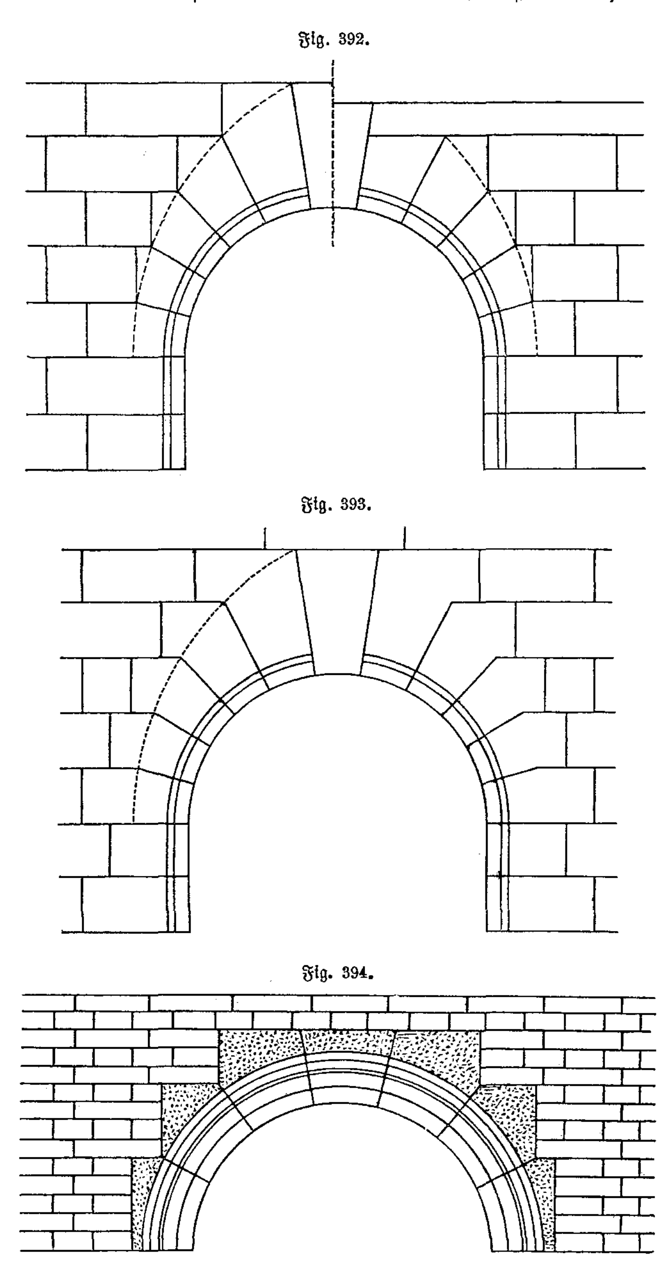


Fig. 392.

Fig. 393.

Fig. 394.

punkte der centralen mit den horizontalen Fugen in einem mehr oder weniger hohen Spitzbogen liegen, Fig. 392 (in zwei verschiedenen Anordnungen), wodurch die Keilsteine gegen den Scheitel hin breiter und die Lagerfugen länger werden.

Wie bei den scheitrechten Bogen findet sich auch bei den Rundbogen vielfach die Anordnung von Hackensteinen, Fig. 393, die teilweise in die wagerechten Hausteinschichten einbinden. Diese Steine erfordern viel Material, genaue

Bearbeitung und sehr sorgfältiges Versetzen; trotzdem brechen sie leicht, da die Pressungen in den centralen und in den horizontalen Lagerfugen nach Größe und Richtung verschieden sind.

Befinden sich die Hausteinbogen in verputzten, aus Back- oder Bruchsteinen aufgeführten Mauern, so läßt sich nach Fig. 394 ein guter Anschluß erreichen, indem die über den ringförmigen sichtbar bleibenden Teil des Bogens hinausfallenden Teile der Wölbsteine auf den Putzgrund zurückgearbeitet und später verputzt werden; die Flächen müssen rauh sein, damit der Putz auf ihnen haftet.

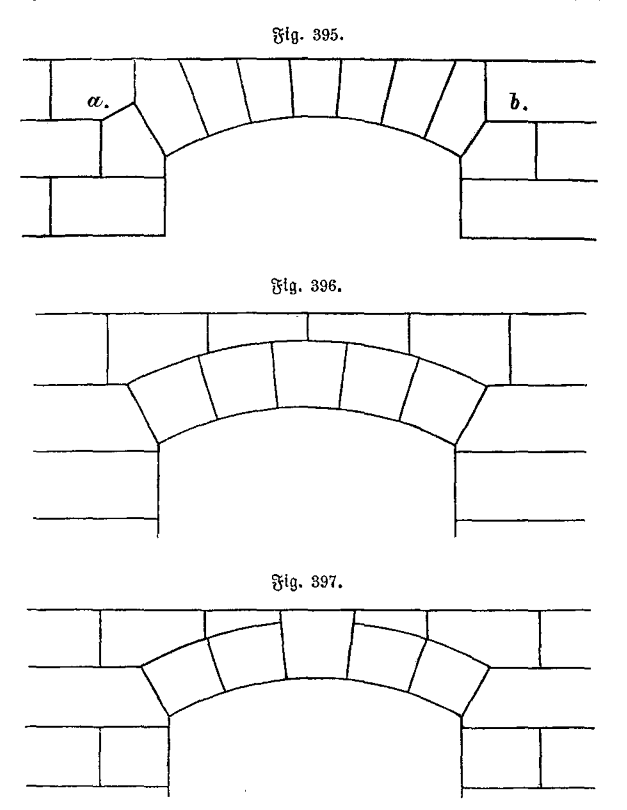
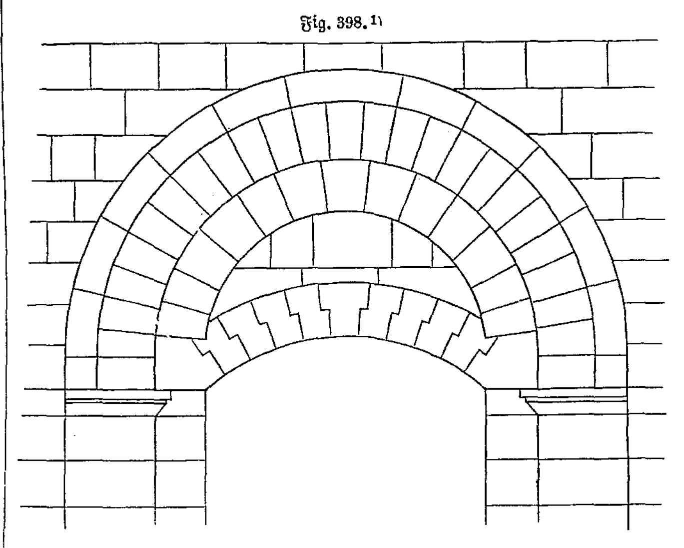


Fig. 395.
Fig. 396.
Fig. 397.

Um bei Stichbogen einen guten Maueranschluß zu erhalten, werden am besten die Wölbsteine oben horizontal abgeglichen, Fig. 395; die Widerlagssteine können nach a oder b gebildet werden. Wird dagegen die konzentrische Rückenlinie beibehalten, so muß die nächste über dem Bogen durchgehende horizontale Lagerfuge ein Stück von dem Scheitel entfernt bleiben, Fig. 396; werden die Steine über dem Bogen sehr dünn, so daß sie leicht durchbrechen, dann ist die Anordnung nach Fig. 397 mit durchgehendem Schlußsteine vorzuziehen.

Wie bei scheitrechten Bogen finden sich auch bei Stichbogen Verhakungen angeordnet, Fig. 398, um ein Senken der einzelnen Steine zu verhüten; sie sind häufig, wie bei den romanischen Bauten der Normandie, durch halbkreisförmige mehrschalige Hausteinbogen entlastet.

Bei den geschleiften Spitzbogen ist der Fugenschnitt so anzuordnen, daß durchweg keilförmige Bogensteine entstehen; je nach der Form des Bogens können dabei die

Fig. 398.[1]


Lagerfugen nach einem oder nach mehreren Fluchtpunkten laufen, Fig. 399. Unter Umständen muß von der normalen Richtung der Lagerfugen auf die Bogenlinie abgesehen werden.

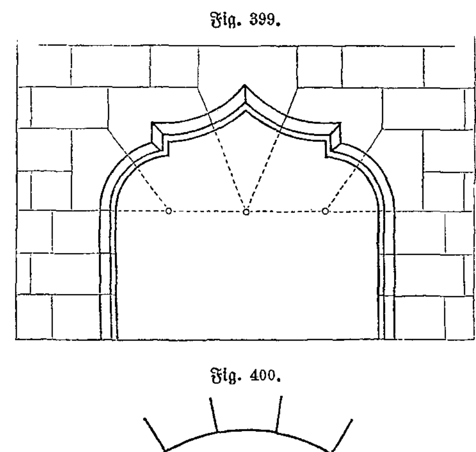
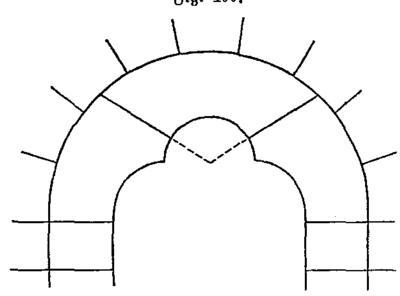
Fig. 399.


Fig. 400.


Ähnliche Verhältnisse treten bei dem sogenannten Kleeblattbogen ein, und es werden in jedem einzelnen Fall Fugenschnitt und Größe der Bogensteine nach der Spannweite und Anordnung des Bogens, ob dieser nur dekorativ

1) Ruprich-Robert, L'Architecture Normande aux XI. et XII. siècle.

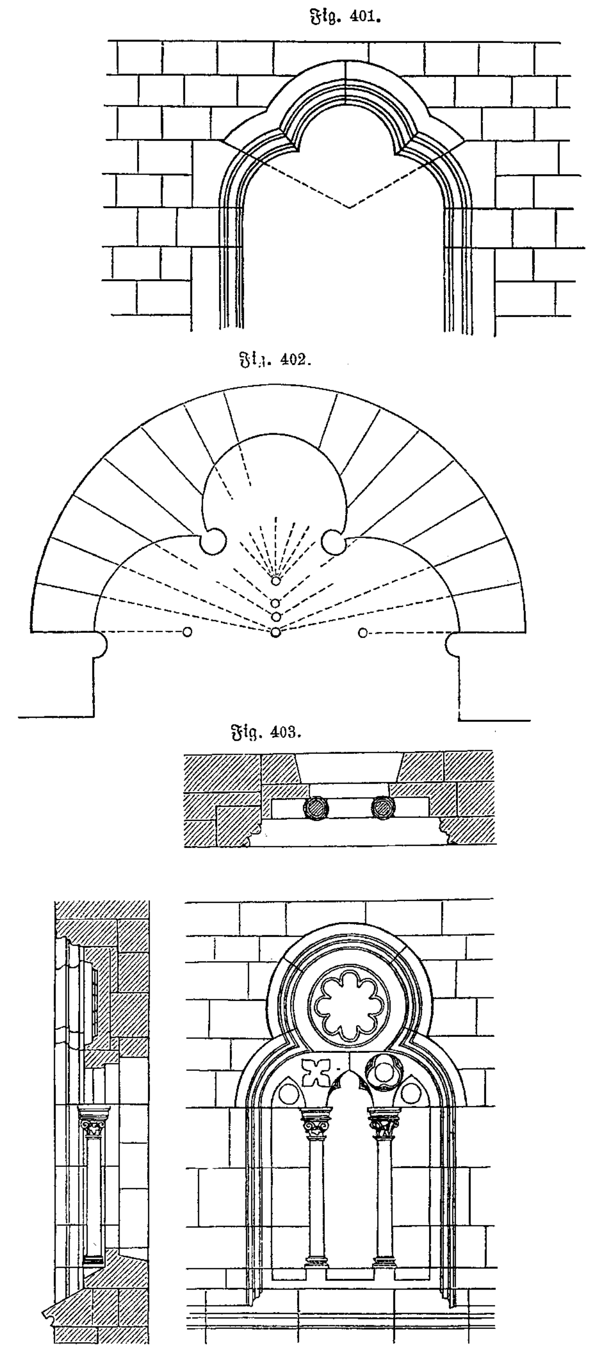
oder konstruktiv ist, zu ermitteln sein. Die Fig. 400, 401, 402,[1]) 403,[2]) 404[3]) geben einige bezügliche Anordnungen.

Bogenförmige Fensterabdeckungen in künstlichen Steinen werden entweder in keilförmigen Formsteinen, Taf. 34 und

Fig. 401.

Fig. 402.

Fig. 403.



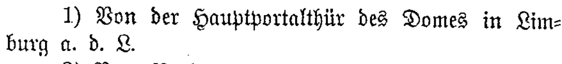


Fig. 404.

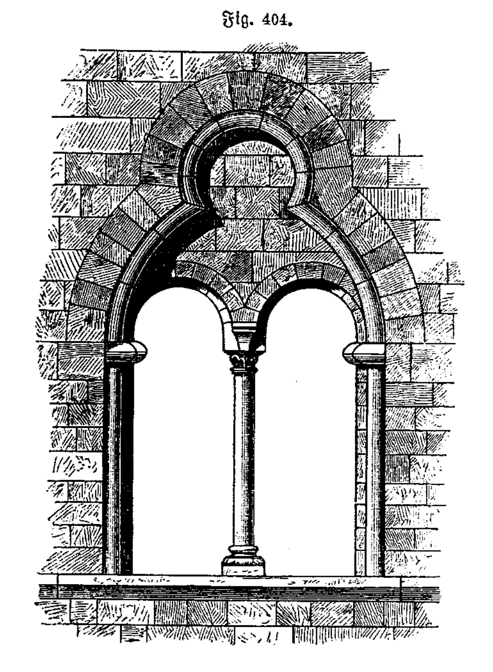


Fig. 405.

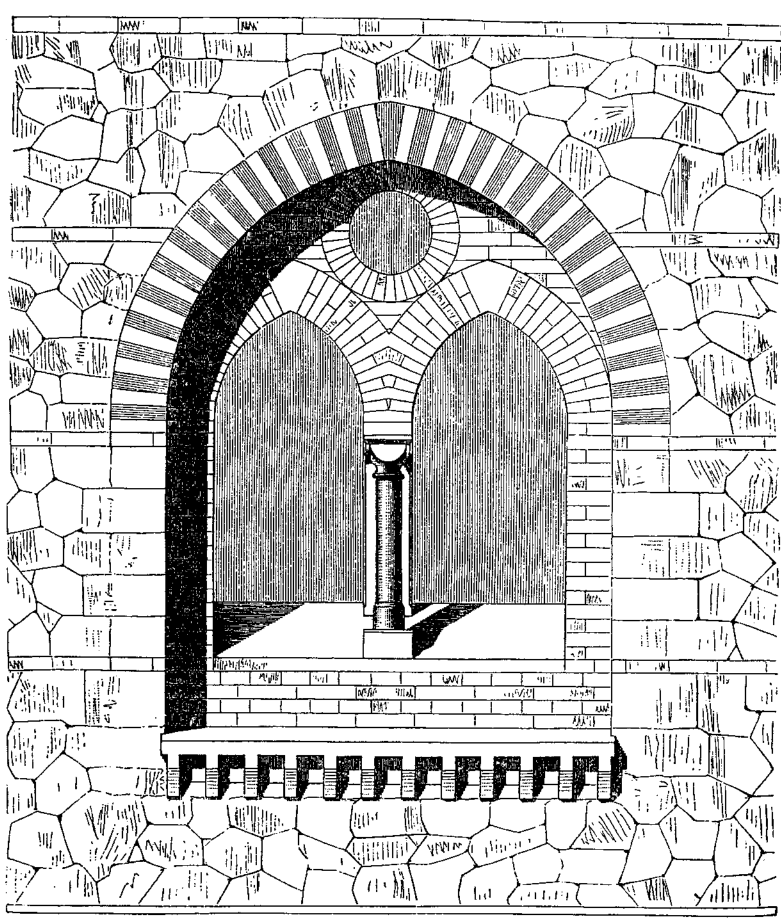


Fig. 405 u. 406, oder in feinen Terrakotten, Fig. 407—410, ausgeführt.

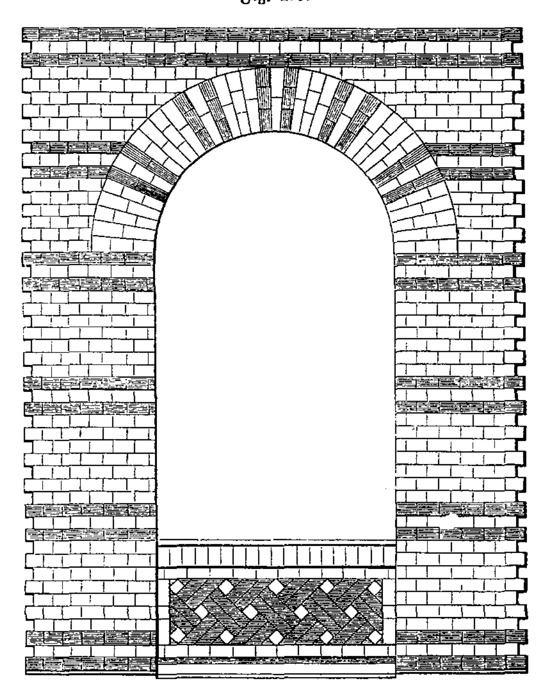
1) Von der Hauptportalthür des Domes in Limburg a. d. L.

2) Vom Rathaus in Dortmund. Centralblatt der Bauverwaltung 1901.

3) Von der ehemaligen Klosterfaktorei in Garden a. d. Mosel. Zeitschrift für Bauwesen 1900.

Die Formsteine können entweder gleichzeitig mit der Aufführung der Umfassungsmauern versetzt werden, oder die Einfassungssteine können als Verkleidungs- oder Blendsteine erscheinen, indem sie erst später nach der Aufführung des Mauerwerks in Mörtel eingesetzt werden, wozu man sich noch kleiner eiserner, in die Fugen des Mauerwerks eingetriebener Haken zur Befestigung bedient. Der ersteren Konstruktionsweise gebührt in betreff der Solidität unbedingt der Vorzug, wenn auch bei der zweiten die Vorteile der schnelleren Aufführung der Umfassungsmauern, sowie die einer leichter zu erreichenden Eleganz der Ausführung nicht in Abrede gestellt werden können.

Fig. 406.



Statt durch Terrakotten läßt sich eine reichere Wirkung auch erzielen durch Wechsel verschiedenfarbigen Materials und verschieden gezeichneten Fugenschnitts, wie dies insbesondere die fränkischen Bauten aus dem 6.—9. Jahrhundert vielfach zeigen, Fig. 411, Portalbogen aus der Kirche zu Distré.[1])

Wegen des Fugenschnittes bei Spitzbogen siehe Fig. 534 u. 535.

Schließlich geben wir noch eine eigenartige Ausführung eines geschleiften Spitzbogens, Fig. 412,[2]) vom Hauptportal der Moschee von Badaon (Indien), bei dem die Schichten durchweg unterm Winkel liegen, und der Schluß durch zwei gegeneinander gestellte plattenartige Steine hergestellt ist.

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, III. Bd., erste Hälfte, Fig. 179.

2) Desgl. II. Teil, III. Bd., zweite Hälfte, Fig. 28.

Bei den bogenförmig geschlossenen Fenstern werden auch die Fensternischen häufig mit einem konzentrischen Bogen überdeckt; solange hierbei die Fensternische parallele,

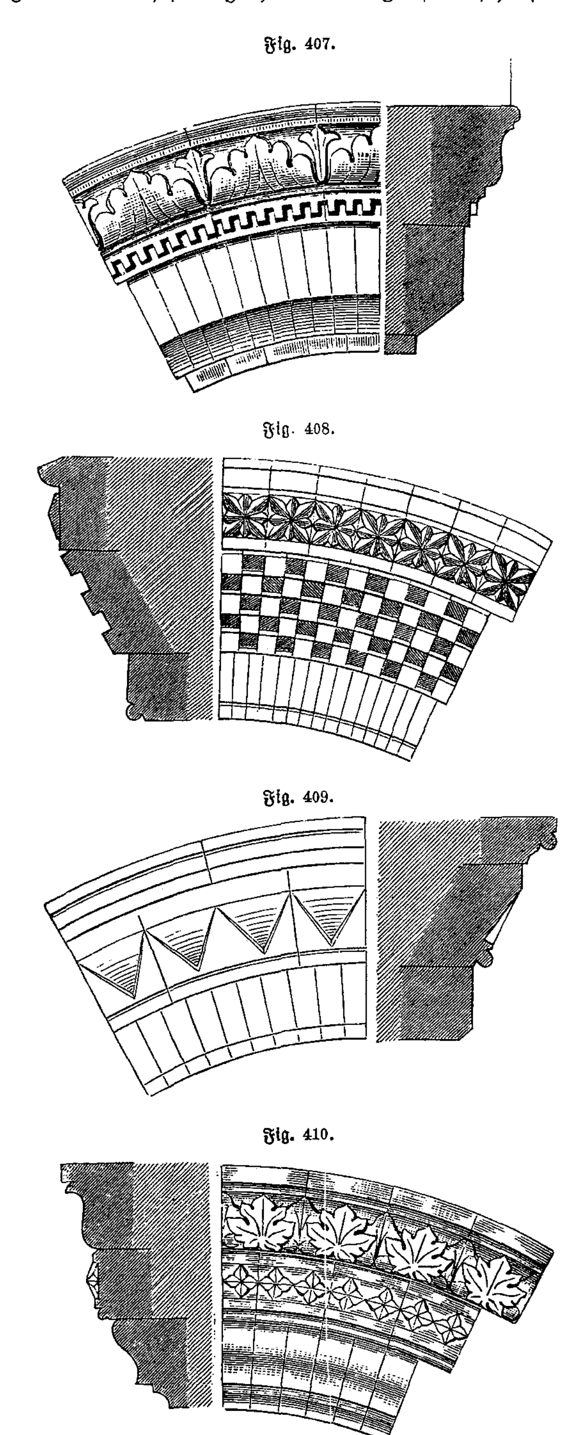


Fig. 407.

Fig. 408.

Fig. 409.

Fig. 410.

auf der Mauerflucht senkrecht stehende Leibungen behält, unterscheidet sich der Nischenbogen von einem gewöhnlichen Mauerbogen nicht. Bei schwachen Mauern reichen dabei die Gewölbesteine durch die ganze Mauerstärke, während

man bei stärkeren Mauern den Bogen wie ein Tonnengewölbe ausführt.

Fig. 411.

Läßt man die Leibungen divergieren, so entstehen konische Gewölbe, deren Ausführung mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist.

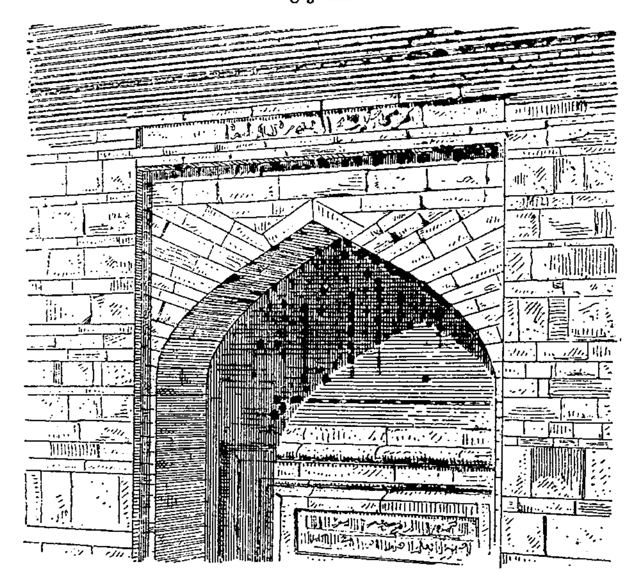
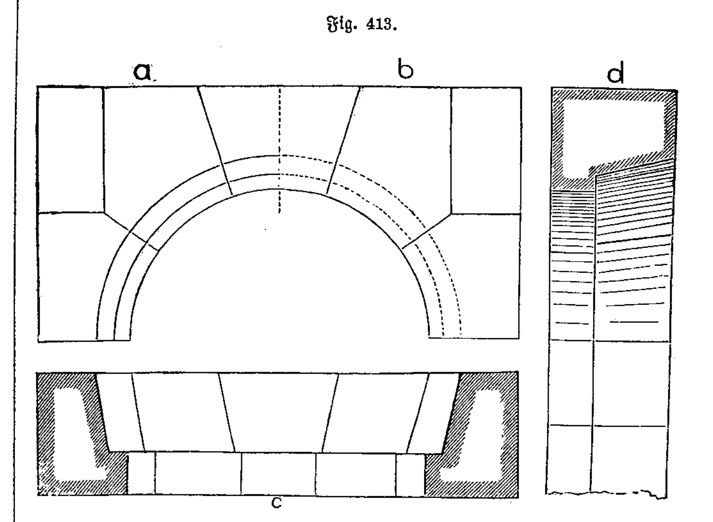


Fig. 412.

Die Steine werden ganz wie zu einem Tonnengewölbebogen gehörig betrachtet, und die Brettungen [1]) für die Fugenflächen sind leicht zu bestimmen. In Fig. 413 ist ein solcher Bogen im vollen Halbkreise geschlossen, und zwar die halbe innere Ansicht in a, die halbe äußere in b, der Grundriß in c und der Durchschnitt in d dargestellt. Fig. 414 zeigt in a und b die halbe äußere und die innere Ansicht eines Stichbogens, nebst dem Grundriß c und dem Durchschnitt d, sowie in Fig. 415 den von innen gesehenen Widerlagerstein A und in Fig. 416 den Schlußstein B in isometrischer Projektion, und zwar beide in doppelter Größe. In Fig. 417, wo die Ansichten, der Grundriß und der Durchschnitt mit denselben Buchstaben wie in Fig. 414 bezeichnet sind, ist die Anordnung so getroffen, daß die schrägen Leibungsflächen der lotrechten Seitenwände und des Bogens der Fensternische sich in geraden Linien schneiden, deren Vertikalprojektionen mit den ersten Lagerfugen a′ b′ und c′ d′ des Bogens zusammenfallen. Nur in diesem Fall führt man die Fuge durch die inneren Eckpunkte k und m, Fig. 417. Ist aber die Anordnung wie in Fig. 414, wo sich die Leibungen in Linien schneiden, deren Vertikalprojektionen a b und c d sind, so führt man, um unbequeme Fugenflächen zu vermeiden, die Schnitte für

Fig. 413.



die Fugen e f und g h nicht durch die inneren Eckpunkte b und d, sondern arbeitet die dreieckigen Teile a b f und c d h der Leibung aus den Widerlagssteinen A und C aus, wie dies die isometrische Projektion eines dieser Steine in Fig. 415 zeigt.

1) Siehe Kap. III, § 3.

Diese konzentrischen Bogen über der Fensternische können in vielen Fällen, so z. B. in Wohnräumen mit Rücksicht auf anzubringende Rouleaustangen, nicht ausgeführt werden, da der Scheitel des Fensterbogens um ein ausreichendes Stück unter den Kämpfern des Nischenbogens liegen muß. Auch bei seitwärts drehbaren Flügeln (bei Fenstern und Thüren) muß die Höhenlage des Kämpfers des Nischenbogens so bestimmt werden, daß die Flügel an die Leibungen angelegt werden können.

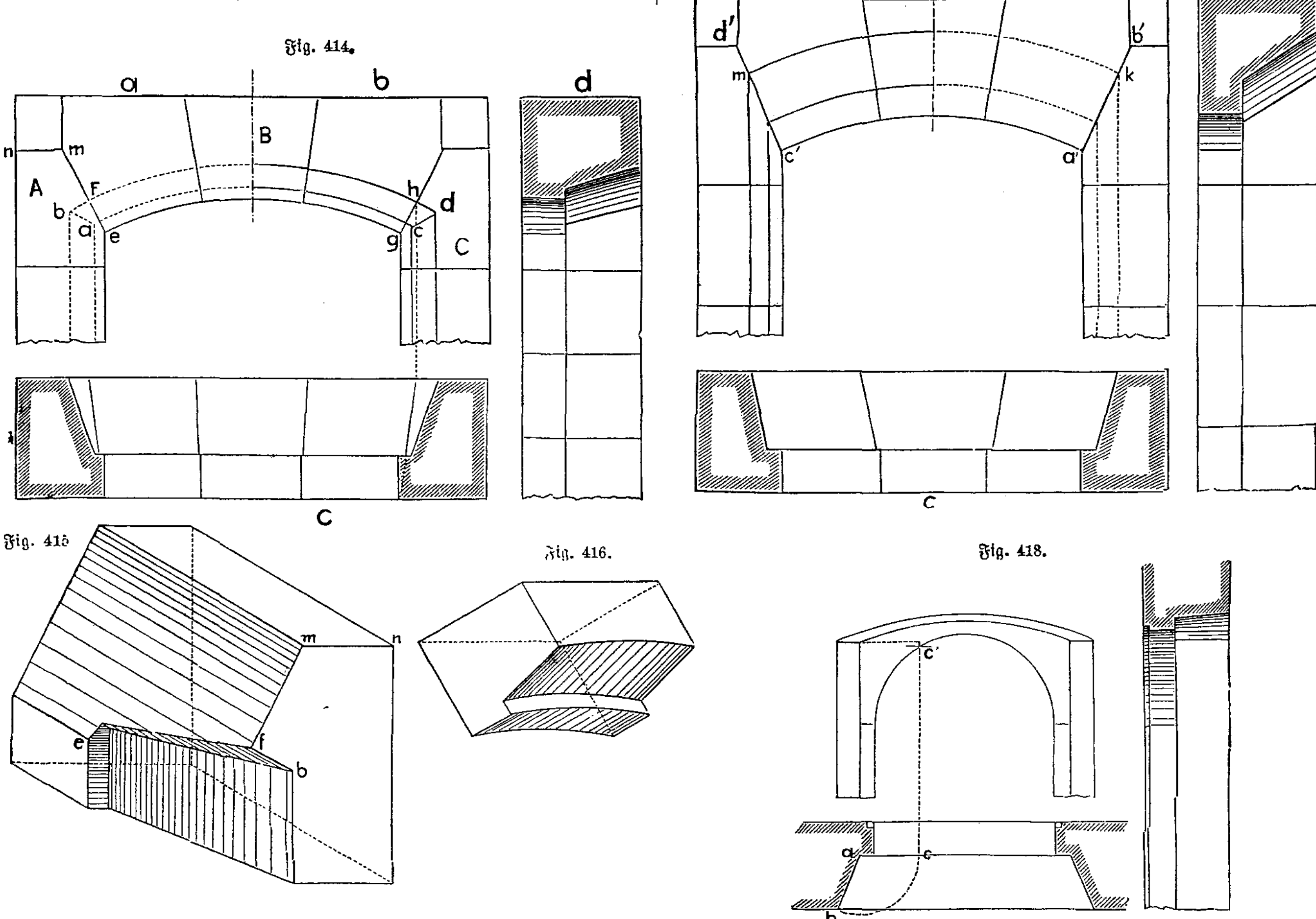


Fig. 414.
Fig. 415.
Fig. 416.
Fig. 417.
Fig. 418.

Zu diesem Zweck hat man nur die Leibung a b, Fig. 418, nach a c zu bringen, bei c eine Senkrechte zu errichten, und wo diese den Bogen in c′ schneidet, 2—3 cm zuzulegen und dann eine Horizontale zu ziehen, so ist dadurch die Kämpferlinie des flachen Schutzbogens bestimmt. Die Erhöhung wird davon abhängen, um wieviel die Flügelrahmen der Fenster oder Thüren über den Kontur des Sturzes hinaufgehen.

Bei den durchgehenden Quaderkonstruktionen wird häufig die halbkreisförmige Anschlagslinie mit der Stichbogenlinie des Nischenbogens durch eine gewölbeartige Leibungsfläche verbunden, wodurch der sogenannte „Kernbogen" entsteht, dessen Konstruktion wir kurz nach Taf. 28 erläutern wollen. Nachdem der Grundriß Fig. 2 und der eigentliche Thürbogen in Fig. 1 gezeichnet sind, bestimme man den Kämpferpunkt f des Nischenbogens in der vorstehend angegebenen Weise, indem man den Anschlagsbogen a b c d in Fig. 2 über a e umklappt, woraus man die „Spiegelfläche" a e f, Fig. 2, erhält, die sofort in die Vertikalprojektion nach a e f, Fig. 1, gebracht werden kann. Man nehme nunmehr den Scheitelpunkt x an, zeichne Bogen f x und ziehe Scheitellinie x y geradlinig oder bogenförmig. Die Leibungsfläche des Kernbogens bildet sich nun derart, daß der Wandbogen (Anschlagsbogen) a y sich parallel zu sich selbst über die gegebenen beiden Wandbogen a f und die Scheitellinie x y so fortbewegt, daß er diese „Leitlinien" berührt und stets Kreisbogen bleibt; der Radius dieser Bogenlinie muß daher stetig wachsen, bis er in der Lage des Stichbogens f x seinen größten Wert annimmt. Beliebige Zwischenlagen können deshalb einfach ermittelt werden, indem man beliebige lotrechte und zur Mauerflucht parallele Ebenen I, II, III legt, die Schnittpunkte 1, 2, 3 mit der Scheitel-

linie x y und die Schnittpunkte 1′, 2′, 3′ mit der Leibungsbogenlinie a f bestimmt, und hiernach die Kreislinien 1′1, 2′2, 3′3 zieht, mit deren Hilfe die Schnittlinien b k, c g, d h der Lagerfugen der Gewölbesteine mit der Leibungsfläche des Kernbogens in allen Projektionen und hiernach deren wirkliche Gestalt für die Anfertigung der Brettungen ermittelt werden können. Die auf Taf. 28 dargestellten Figuren dürften weitere Erläuterungen überflüssig machen.

Soll die Fensternische nicht bogenförmig, nach f x, sondern geradlinig abgeschlossen werden, so läßt sich die soeben mitgeteilte Konstruktion ohne weiteres auf diesen speziellen Fall übertragen, da man nur anzunehmen hat, daß die Bogenlinie f x mit einem endlichen Radius in eine solche mit unendlich großem Radius übergeht. Auf Taf. 29 ist diese Konstruktion in allen Teilen dargestellt; nachdem die Linie a b angenommen ist, wird die Scheitellinie b g gerade oder bogenförmig gezogen, der Leibungsbogen c a als Bogenlinie mit lotrechter Tangente bei c verzeichnet, und nunmehr läßt man die Leibungsfläche des Kernbogens in der vorstehend beschriebenen Weise entstehen.

§ 9.

Die Umrahmung der Fensteröffnungen im Zusammenhange.

Nachdem wir die einzelnen Teile, aus welchen die Umrahmung der Fensteröffnung zusammengesetzt ist, in konstruktiver Beziehung betrachtet haben, wollen wir auch die formale Seite des Fenstergestells in Kürze besprechen. Das umrahmende Gesims der antiken und insbesondere der Renaissancefenster tritt über den Mauergrund vor und ist bei reicher Formgebung in der Regel auf eine sehr energische Schattenwirkung berechnet, wie Fig. 1 und 5, Taf. 30, zeigen; durch Anordnung von Halbsäulen, Fig. 1 u. 3, erhält der Architrav mit Fries und Giebelverdachung schon eine namhafte Ausladung, die jedoch eine wesentliche Steigerung erfährt durch Annahme einer freigestellten Säule mit Pilaster, Fig. 5—8.

Fig. 419.

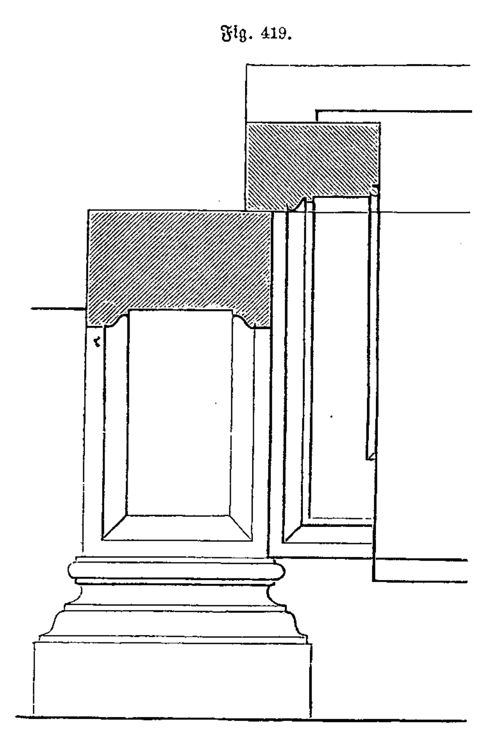


Fig. 420.

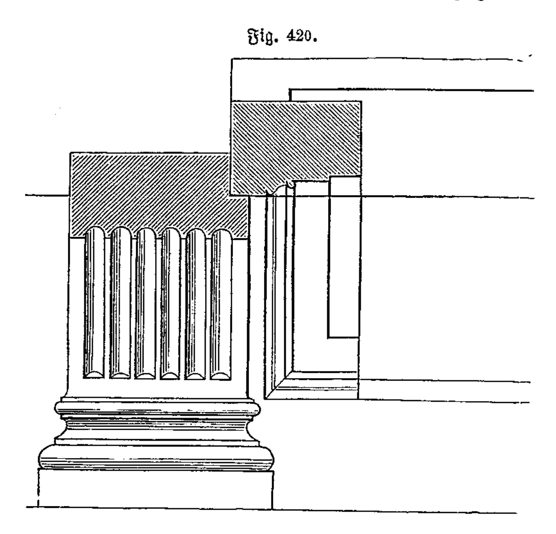
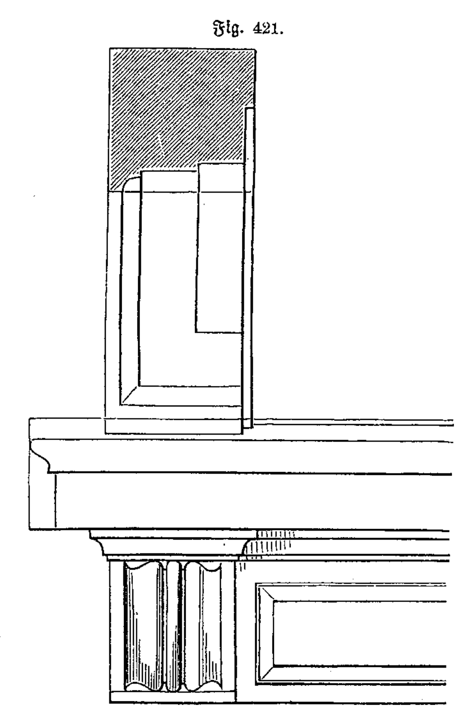


Fig. 421.



Einfachere Bildungen zeigen die Fig. 419 u. 420, ferner Taf. 31, Fig. 1 mit den zugehörigen Details in Fig. 13—15, Fig. 2 mit den Details in Fig. 9, 12 u. 19,

Fig. 3 mit den Details in Fig. 16—18 und Fig. 4 mit Details in Fig. 10 u. 11. Vornehmlich diese letzteren Fensterbildungen und insbesondere die mit stark vortretender auf Konsolen ruhender Verdachung, Taf. 31, Fig. 2, finden häufige Anwendung, oft in der Art, daß auch die Fensterbank auf Konsolen aufgelegt wird, um ihr einen kräftigen Vorsprung geben zu können. Taf. 31 Fig. 2 u. Fig. 421 bis 424.

Fig. 422

Fig. 423.

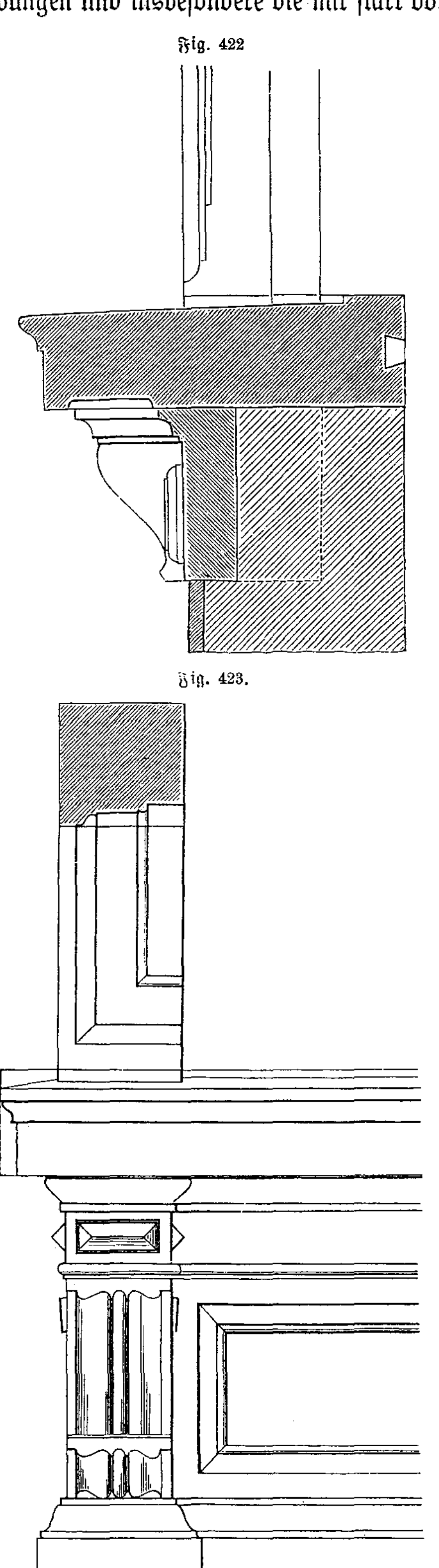


Fig. 424.

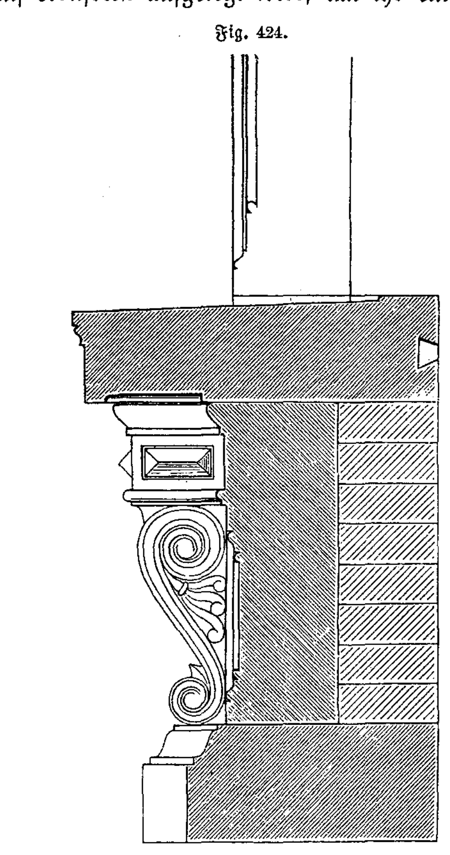
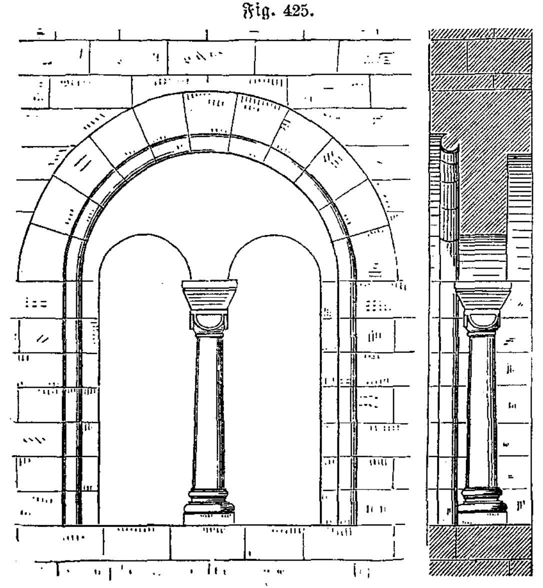


Fig. 425.



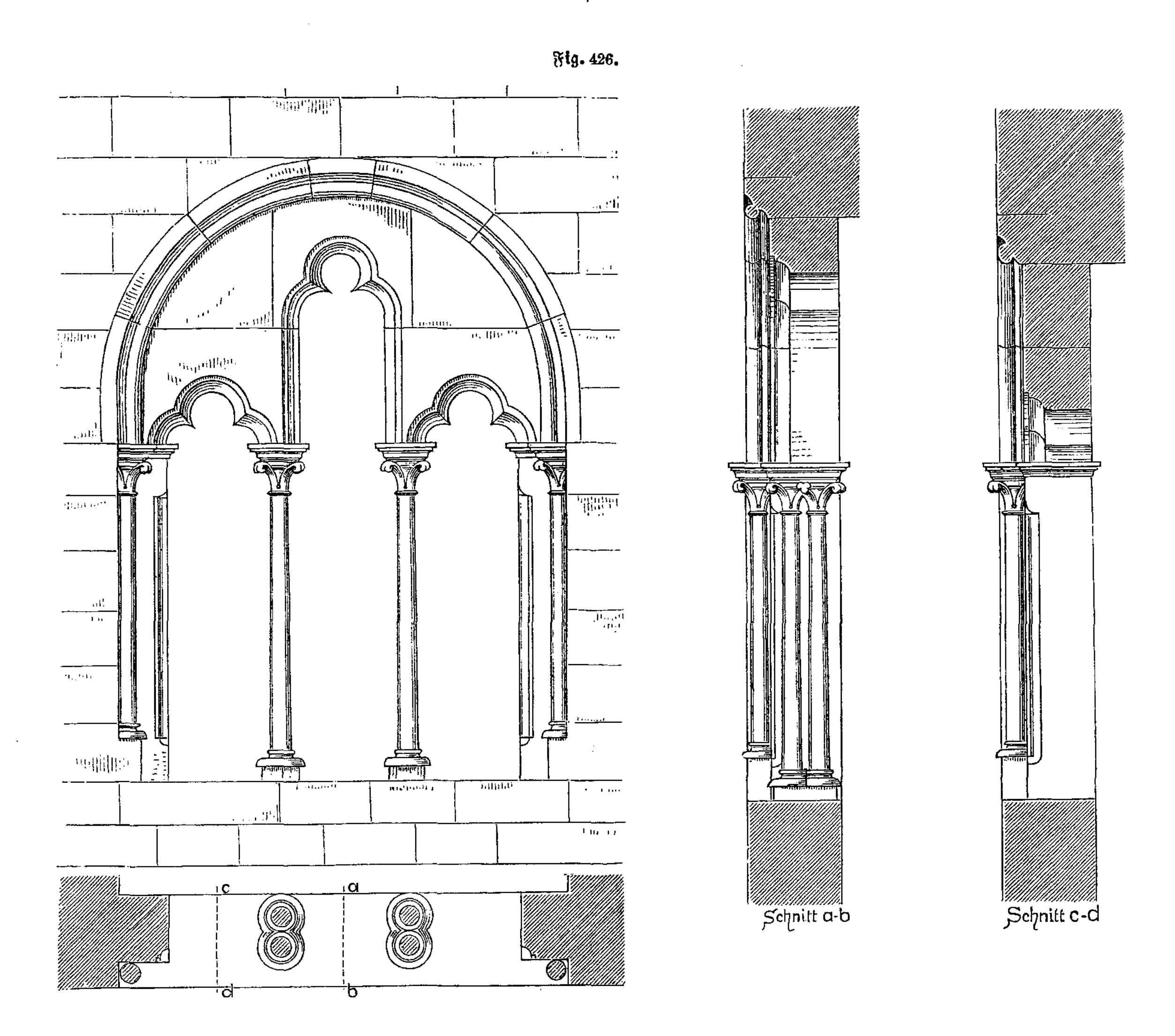
Während auf Taf. 30 u. 31 die Fensteröffnungen mit Gewänden und Stürzen versehen sind, ersetzen in den Fig. 6 u. 7, nebst den dazugehörigen Profilen Fig. 8,

Taf. 32, die Verkleidungsquader die Gewände und die Bogensteine den Sturz. Dies ist eine zwar einfache, aber sehr solide und gediegene Bildungsweise, welche bei den Florentiner Palastbauten der Frührenaissance beliebt war.

Zur Erklärung romanischer Fensterformen dienen die Fig. 425—428.

„gekuppelt". Ist das gekuppelte Fenster mit einem gemeinsamen Bogen, „Schutzbogen", überspannt, so erscheint es als Teilung oder Füllung der Bogenöffnung, weshalb ein Säulchen, Fig. 425, genügt, um die geringe Belastung zu tragen, während die Anordnung zweier hintereinander gestellten Säulchen, Fig. 426, schon mehr aus ästhetischen

Fig. 426.



Schon in Fig. 367 haben wir das romanische Kirchenfenster im Grundriß charakterisiert durch nach außen und innen sich öffnende Nischen mit schrägen glatten Leibungen, „Schmiegen", an deren Stelle bei reicherer Formgebung eine kräftige und wirkungsvolle Profilierung tritt. Diese unterscheidet sich bezüglich ihrer Lage von der Profilierung des antiken Fensters dadurch, daß sie großenteils innerhalb der Mauerdicke sich befindet, während die des letzteren vor die Mauerflucht vortritt. Das romanische Fenster ist in der Regel nach oben durch einen Halbkreisbogen geschlossen und nimmt erst in der Übergangszeit den Spitzbogen auf; es ist entweder einfach oder mehrteilig, Rücksichten gewählt worden ist. Sind die Lichtöffnungen nach Fig. 427 u. 428 aneinander gereiht, so wird dem zur Aufnahme der beiden Bogen bestimmten Säulchen ein Kragstein aufgesetzt von der Tiefe des Bogens oder der Dicke der darüber befindlichen Mauer, auf welchen ein Kämpferstein zu liegen kommt, der den beiden Bogen als Widerlager dient. Anstatt eines Säulchens kommen nicht selten — ähnlich wie bei Fig. 426 — zwei hintereinander stehende, ja selbst vier gekuppelte Säulchen vor, welche durch gemeinsame Sockel und Kragsteine miteinander verbunden sind.

Eins der schönsten romanischen Fenster, welches dem Dom in Worms angehört, ist in Fig. 429 abgebildet.

Was diesem Fenster bei aller Einfachheit einen ganz besonderen Reiz verleiht, ist, daß, abgesehen von dem guten Verhältnis der Lichtöffnung, ein Teil der Lisenengliederung als Umrahmung des Fensters dient, während der übrige Teil sich im Rundbogenfries des Hauptgesimses auflöst.

Fig. 427.

So wie der romanische Baustil im ganzen in seiner weiteren Entwickelung und Ausbildung in den gotischen übergeht, so findet dies auch bei den Detailformen statt. Denken wir uns daher beispielsweise die Rundbogen, Fig. 425, in Spitzbogen verwandelt, und die zwischen denselben befindliche Füllungsplatte durchbrochen, wie in der in Fig. 430 dargestellten prächtigen Fassade der Kurie Richards von Cornwall in Aachen (restauriert),[1]) so entsteht dem Wesen nach ein gotisches Fenster, welches in seiner weiteren Vervollkommnung auf Taf. 33 dargestellt ist (an der evangelischen Kirche in Baden ausgeführt). Das Fenster besteht aus fünf Gewänden, „Pfosten", und zwar aus drei „Hauptpfosten", welche wieder in einen „Mittelpfosten" und zwei „Seitenpfosten" zerfallen, und in zwei „Zwischenpfosten" von geringerer Stärke und einfacherer Profilierung. Diese fünf Pfosten unterstützen eine nach geometrischen Figuren, hier „Kleeblattbogen und Vierpässe", durchbrochene, aus einem oder mehreren Stücken gebildete Platte, welche durch die weiter geführten Rundstäbe der Hauptpfosten umrahmt und in die Hauptfelder zerlegt wird. An den Formen der Lichtöffnungen dieser Felder lösen sich die Profile der Pfosten mit Ausnahme der Rundstäbe auf. Diese Teilung oder Füllung der Lichtöffnung des Fensters nennt man „Maßwerk". Dasselbe bildet einen wesentlichen Schmuck der gotischen Bauwerke. Bezüglich der Konstruktion, welche deutlich aus der Zeichnung zu entnehmen ist, sei nur bemerkt, daß zum Anbringen der eisernen Fensterrahmen am Maßwerk Falze vorzusehen und zur Verspannung der schwachen Mittelpfosten eiserne Querstäbe einzulegen sind, an denen dann gleichzeitig die Fensterrahmen befestigt werden, Fig. 431.[1]) Die Fenstergewände sind stark abgeschrägt und treten nicht über den Mauergrund vor; an

Fig. 428.

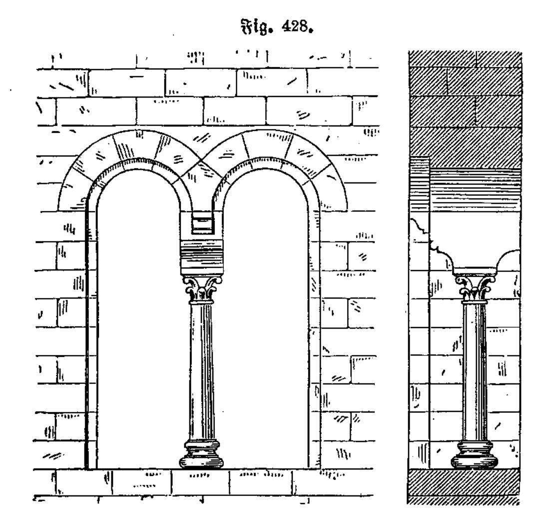
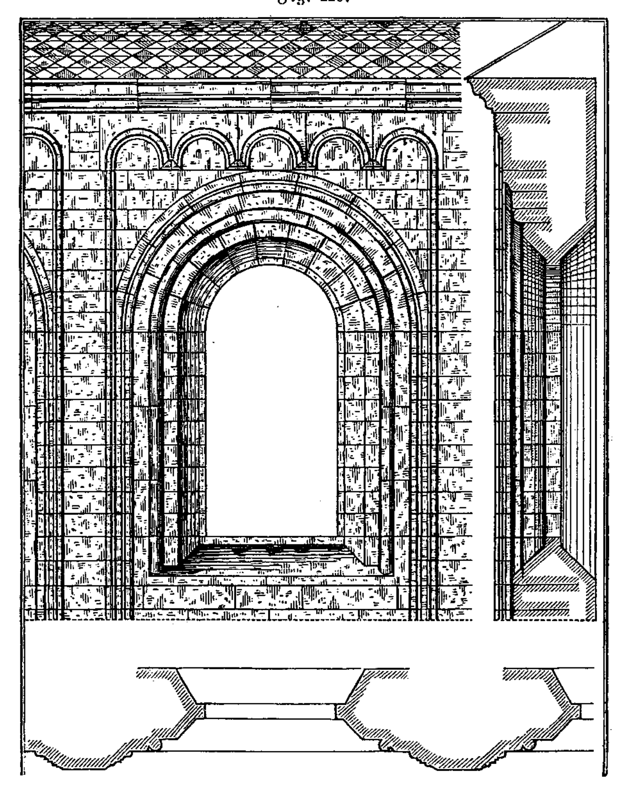


Fig. 429.



die Fensterbank sind die Gewändeprofile bis zur Oberkante der Bank, der sogenannten „Standfuge" angearbeitet. Eine

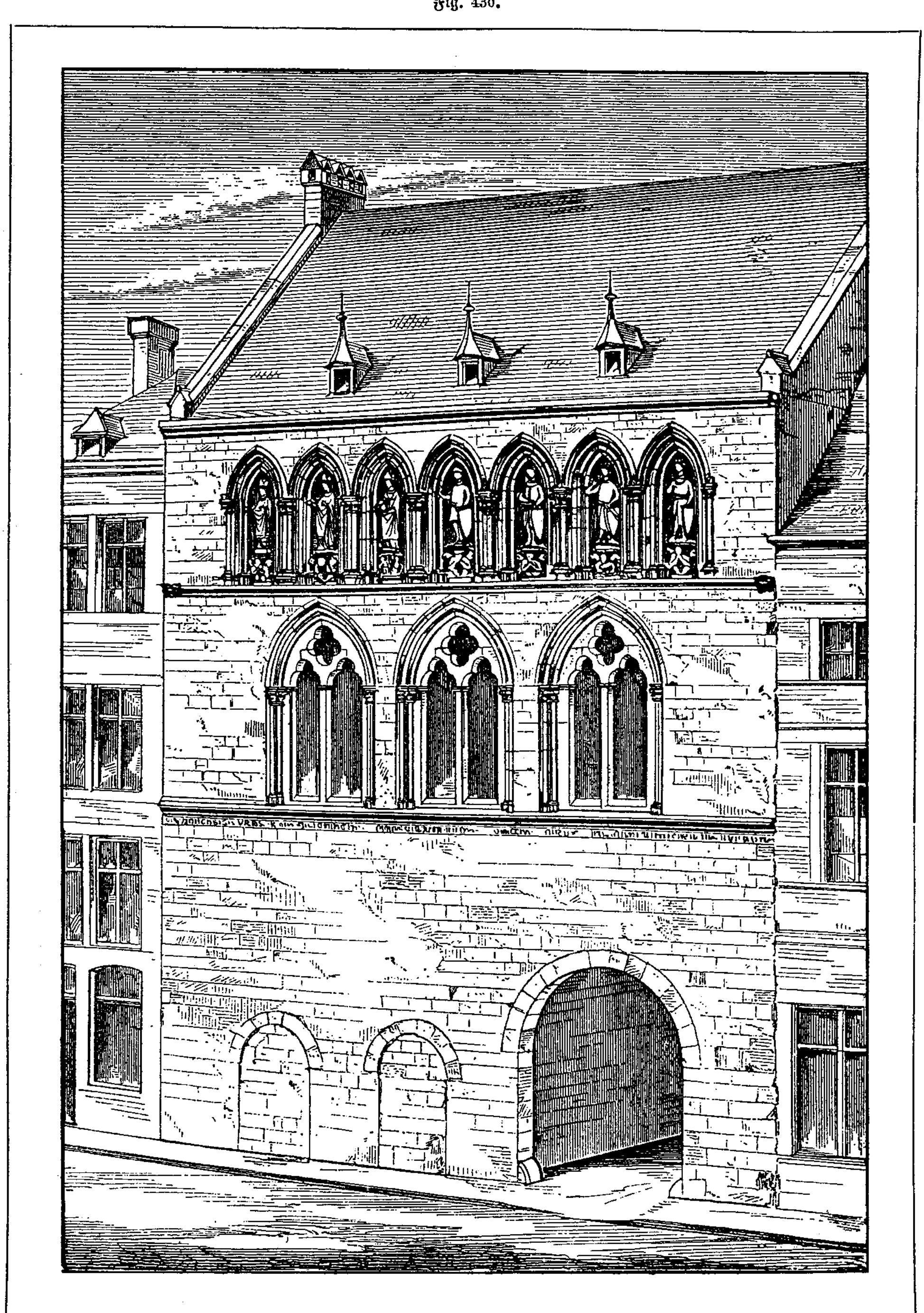
1) Nach Bock, Rheinlands Baudenkmale, Lfg. 6.

1) Nach Ungewitter-Mohrmann, Lehrbuch der gotischen Konstruktionen, Taf. 112.

reichere Fenstergliederung vom Dom in Köln ist in Fig. 362 und 363 im Querschnitt und in der Ansicht der Fensterbank

Fig. 433 giebt ein Beispiel aus der Franziskaner-Klosterkirche in Angermünde.[1])

Fig. 430.



und in Fig. 432 im Maßwerk mit dem bekrönenden Wimperge dargestellt.

Fensterumrahmungen und Maßwerke lassen sich auch in gebrannten Steinen — Formsteinen — ausführen;

Schließlich geben wir in Fig. 434 als Beispiel aus der deutschen Renaissance einen Teil der Fassade des Friedrichsbaues vom Schloß in Heidelberg (1601—1607),

1) Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten Norddeutschlands.

Fig. 431.

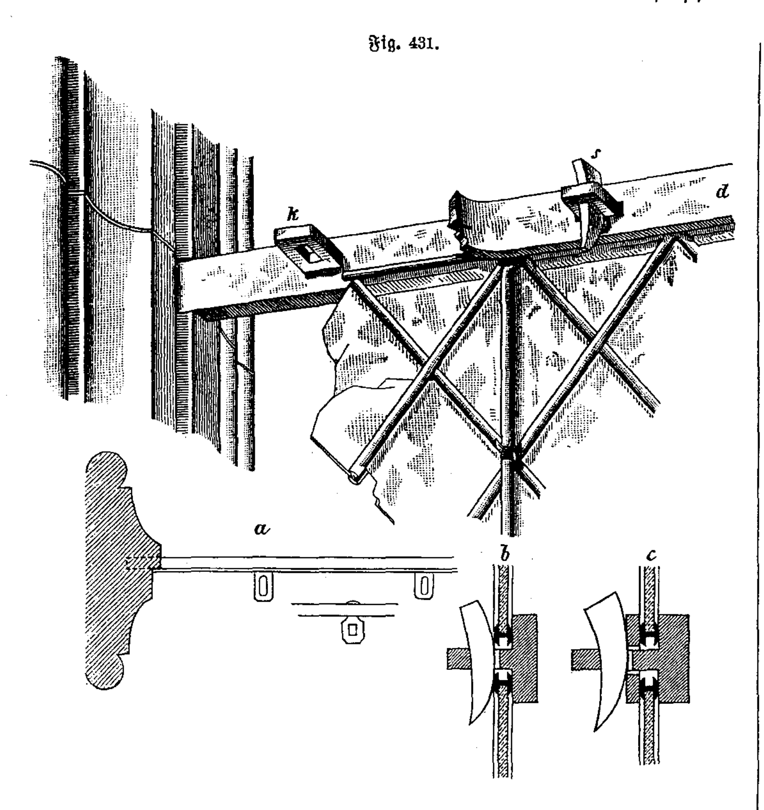
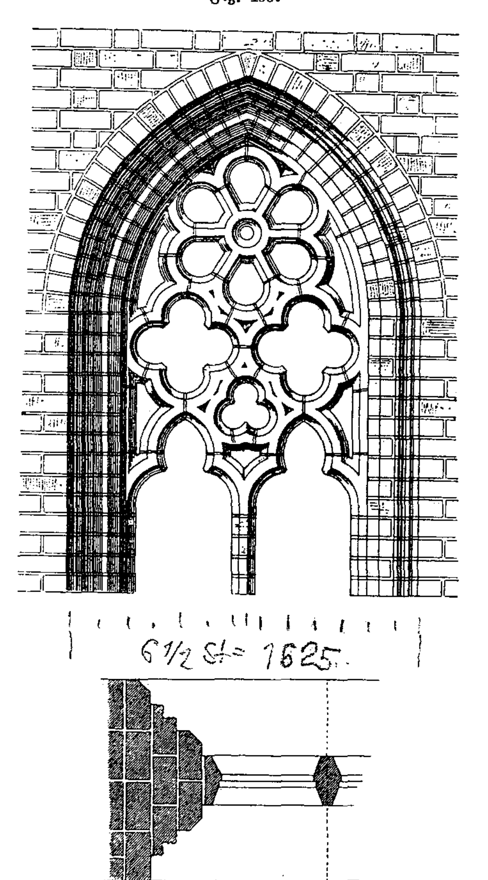
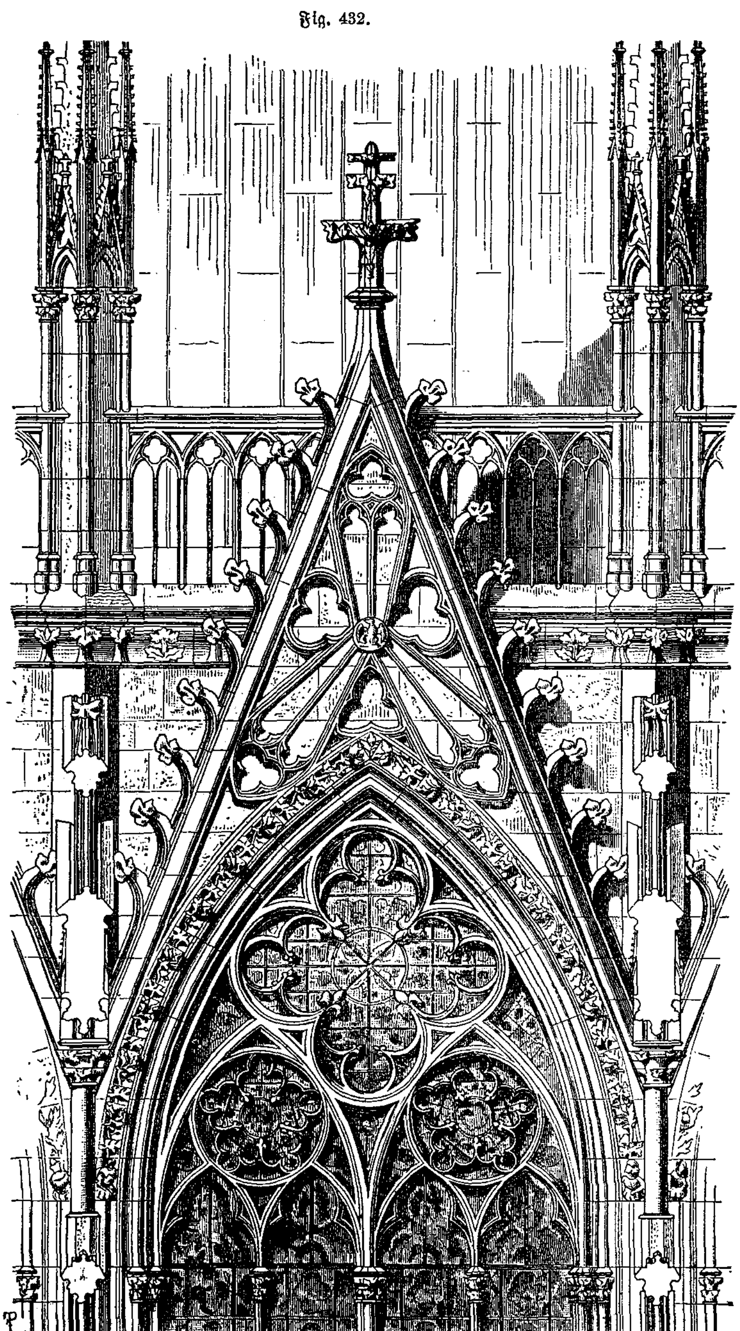


Fig. 433.



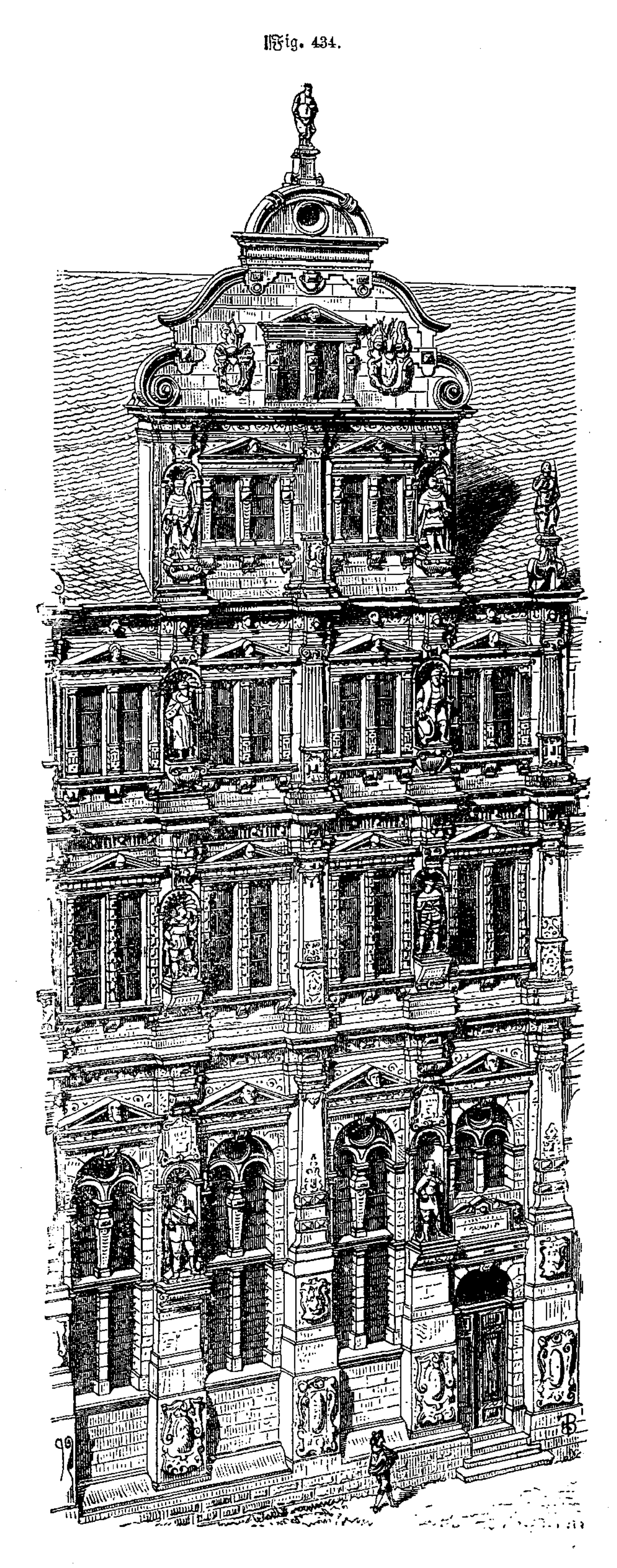
in Fig. 435 ein Fenster vom Schloß in Ludwigsburg aus dem Anfange des 18. Jahrhunderts, und auf Taf. 32 einige neuere Fensterbildungen, und zwar in Fig. 1—5 ein

Fig. 432.



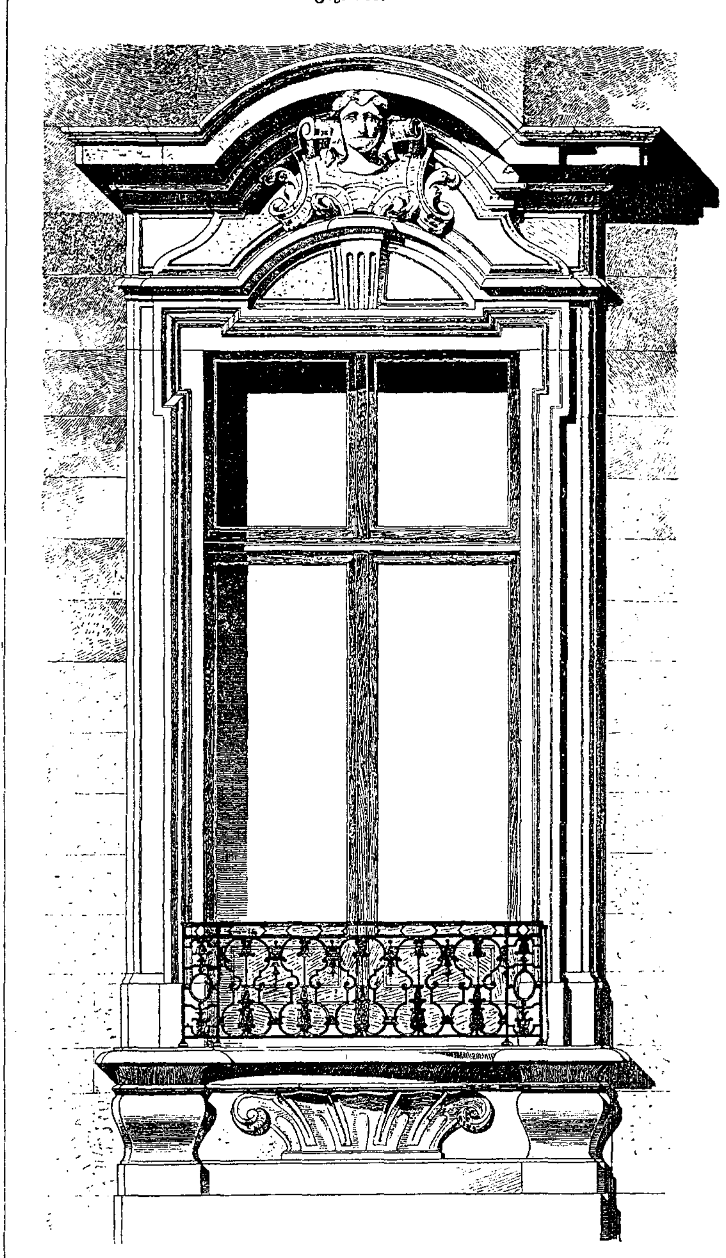
Doppelfenster von der technischen Hochschule in Karlsruhe, bei dem die als Füllwerk erscheinende Zweiteilung des Fensterlichtes durch einen aus roten und weißgrauen Quadern bestehenden Bogen überspannt wird, und auf Taf. 31, Fig. 5—8, ein Doppelfenster, bei dem jeder Teil des gekuppelten Fensters außen und innen mit einem

Fig. 434.



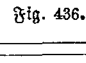
besonderen Bogen versehen ist. Um den Nischenbogen beim Mittelgewände ein Auflager zu schaffen, ist hier noch ein Säulchen angeordnet, das mit dem Mittelgewände durch einen Binderstein verbunden ist, der innen als Konsol, außen als Kämpferstein erscheint.

Fig. 435.



Endlich sind auf Taf. 34 und in Fig. 436 [1]) noch einige in Backsteinrohbau durchgebildete Fenster dargestellt, bei denen wir auf das früher Mitgeteilte verweisen können.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. Heft.



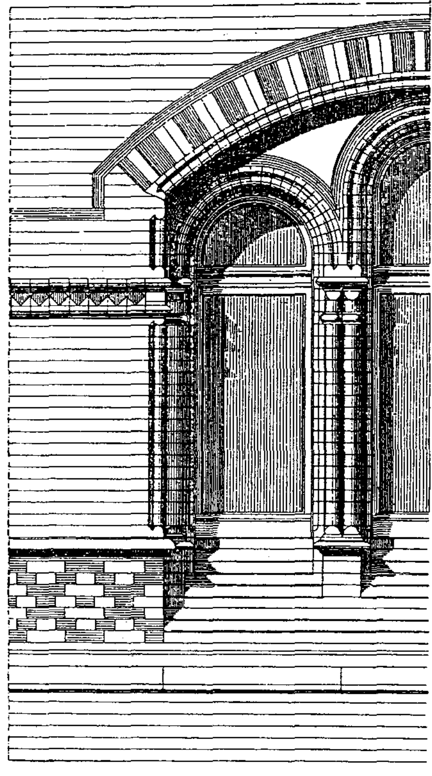


Fig. 436.

II. Die Thüröffnungen.

§ 10.

Die Thüröffnungen unterscheiden sich von den Fensteröffnungen nur dadurch, daß an die Stelle der Sohlbank die Schwelle tritt, weshalb wir, was die Konstruktion der Gewände und des Sturzes anbelangt, auf das bei den Fenstern Gesagte verweisen können.

Die Schwelle einer inneren Thür macht man in der Regel aus einem Stücke, und giebt ihr mindestens eine solche Breite, daß sie bis zur Flucht der Thürflügel reicht. Dabei liegt die Oberfläche der Schwelle mit dem angrenzenden Boden bündig und gewährt der Thürrahme keinen Anschlag, Fig. 437; soll ein solcher angeordnet werden, um den Luftzug durch den unvermeidlichen Spalt unter dem Thürflügel zu vermindern, so läßt man die Schwelle 1—2 cm über den anstoßenden Boden vorstehen, Fig. 438.

Ist die Thür eine äußere, so muß dafür gesorgt werden, daß das etwa an dem Thürflügel herabfließende Regenwasser nicht nach innen läuft und daß es rasch abgeführt wird; die Schwelle wird deshalb mit Wasserschräge und mit einer kleinen, durch den Wetterschenkel gedeckten erhöhten Leiste versehen, während unter den Gewänden eine horizontale Standfläche stehen bleibt, Fig. 439. Besser ist es noch, die Schwelle an der inneren Kante mit einer etwa 1 cm vorstehenden und mit kleinen Steinschrauben befestigten Flacheisenschiene zu versehen, wodurch ein breiterer Anschlag gewonnen, ein Abtreten und Beschädigen der Steinkante verhütet und somit dauernd ein dichter Anschluß der Thürflügel an die Schwelle erreicht wird, Fig. 440.

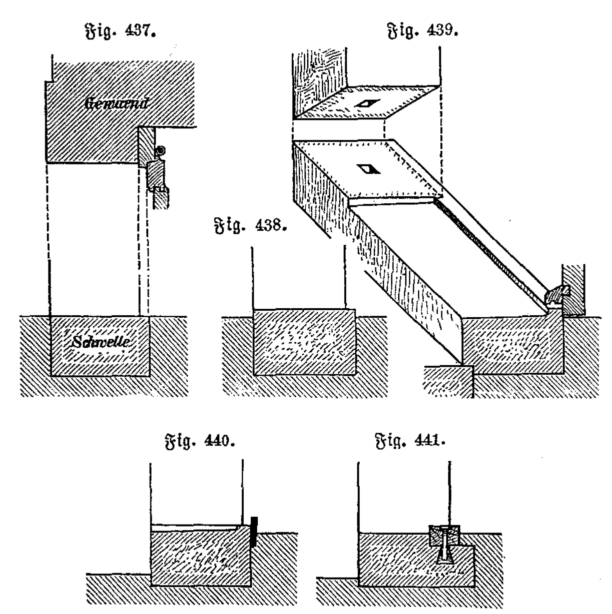


Fig. 437. Fig. 438. Fig. 439. Fig. 440. Fig. 441.

Manchmal wird der Anschlag auch dadurch hergestellt, daß an Stelle der erhöhten, am Stein stehenden Leiste nach Fig. 441 eine Schwelle von hartem Holze eingelassen und mit Steinschrauben befestigt wird, die jederzeit leicht erneuert werden kann. Sollte die Schwelle selbst wegen allzu starker Abnützung von Zeit zu Zeit erneuert werden müssen, dann werden die Gewände auf Binder gesetzt und die Schwelle „eingestreift“ (Streifbank). Dies ist ganz besonders bei den Thorschwellen der Fall, die bündig mit dem Boden oder nur ganz wenig vorstehend zwischen die Thürumrahmungen eingeschoben und dann jederzeit ausgewechselt werden können; die Gewände werden dann auf besondere Sockelsteine aufgestellt, Fig. 442 (vom Palaste Strozzi in Florenz).

Wo Werksteine nicht zur Verfügung sind, sollte die Thürschwelle aus recht kernigem Eichenholze gefertigt werden, da sich Backsteinrollschichten leicht auslaufen und nur von geringer Dauer sind.

Die formale Ausbildung der Thürumrahmungen muß mit der der Fensterumrahmungen übereinstimmen, der größeren Weite und Höhe der Thüröffnung entsprechend müssen aber Gewände und Stürze gewöhnlich größere Abmessungen als bei den Fenstern erhalten.

Eine sehr zweckmäßige Anordnung bei Eingangsthüren ist die der doppelten — äußeren und inneren — Um-

rahmung der Thürnische, wobei die innere Umrahmung der Thür zum Anschlag dient, Taf. 35, Fig. 1 u. 2. Diese so entstehenden Nischen gewähren die Annehmlichkeit eines kleinen gedeckten Vorplatzes, erhöhen die architektonische schön proportionierten Thüren ist im Charakter der romanischen Bauweise durch einen von Konsolen getragenen Sturz geteilt, über welchem jedoch anstatt einer Steinplatte, welche man gewöhnlich bei romanischen Thüren findet,

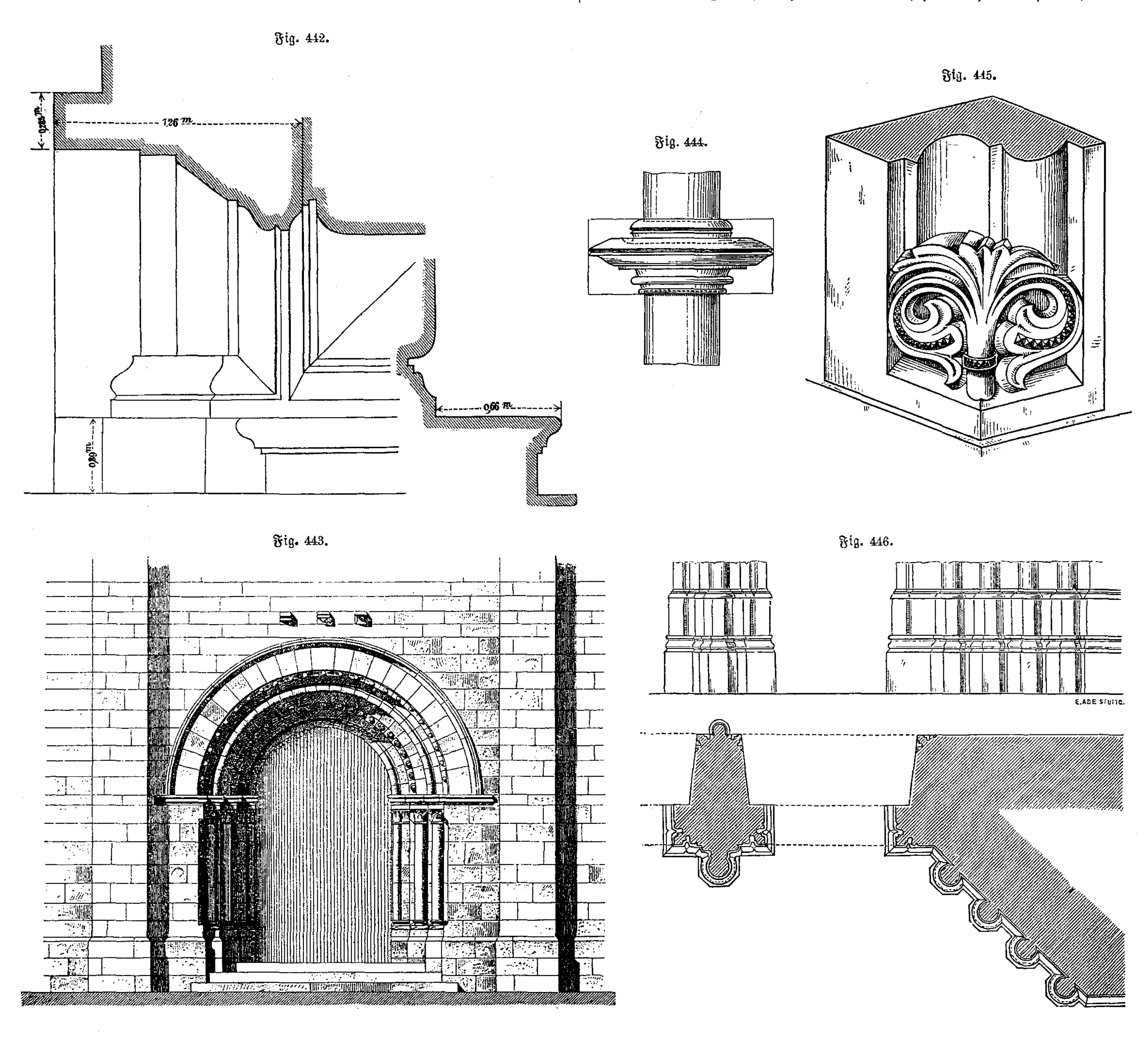


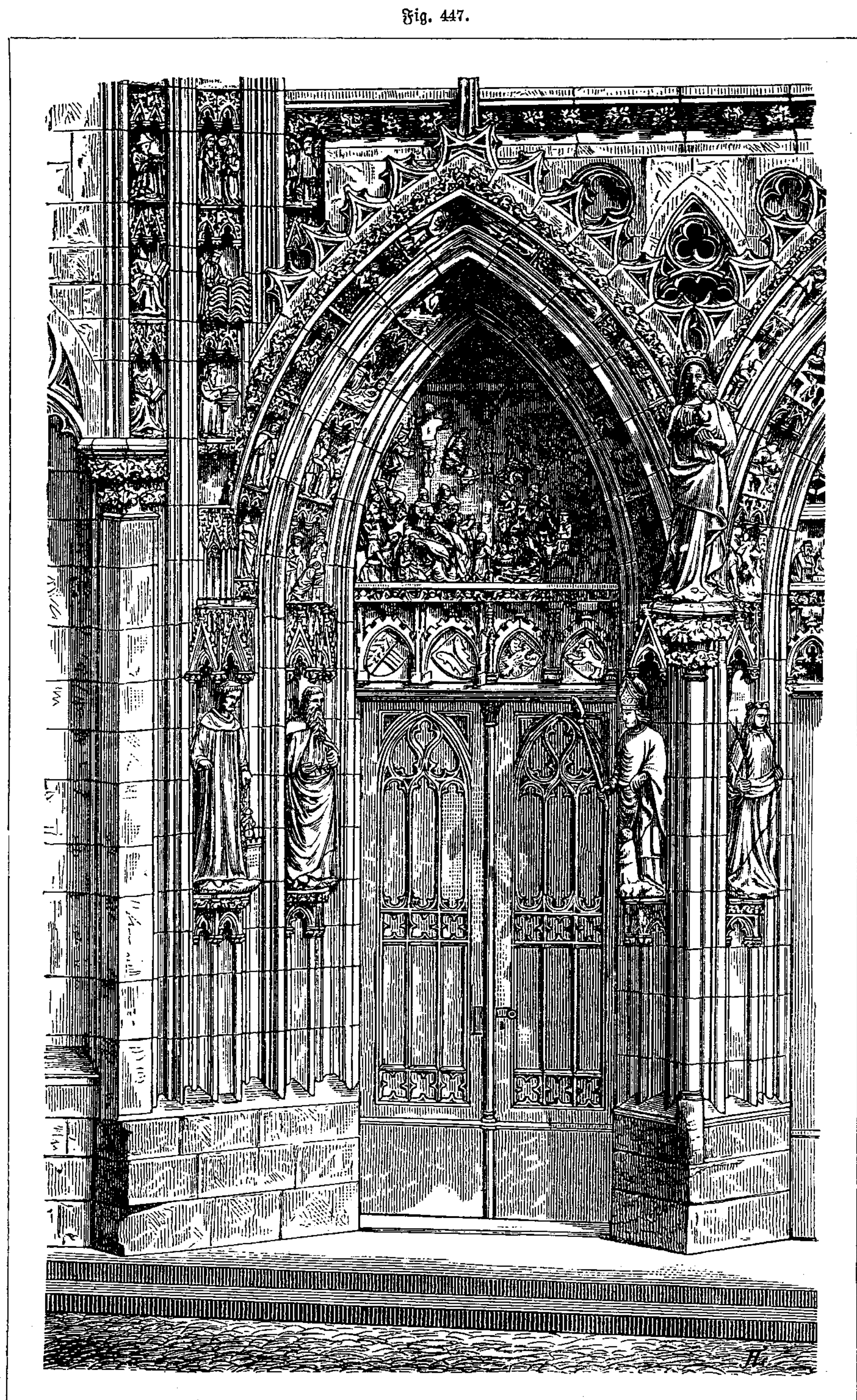
Fig. 442. Fig. 443. Fig. 444. Fig. 445. Fig. 446.

Wirkung der Thür und bieten Raum, um die nach dem Erdgeschoß führende Treppe unterzubringen.

Taf. 35, Fig. 5—7, geben ein Bild von den Thüren, die sich an den beiden Wohnungspavillons des Hauptgebäudes des Bahnhofes in Karlsruhe, von Baurat Eisenlohr entworfen, befinden. Die Lichtöffnung dieser hier ein Oberlicht angebracht ist. Als Beispiele einfacher romanischer Portale mögen die auf Taf. 36 dargestellten aus dem Kloster in Maulbronn dienen. Die Thür, Fig. 1 bis 3, befindet sich am Refektorium, und die Fig. 4—7 am Lettner der Klosterkirche. Letztere ist für kleinere Thüren mit bogenförmiger Lichtöffnung, erstere für Kirchen-

portale mit halbkreisförmiger Füllplatte, „Tympanon", charakteristisch.

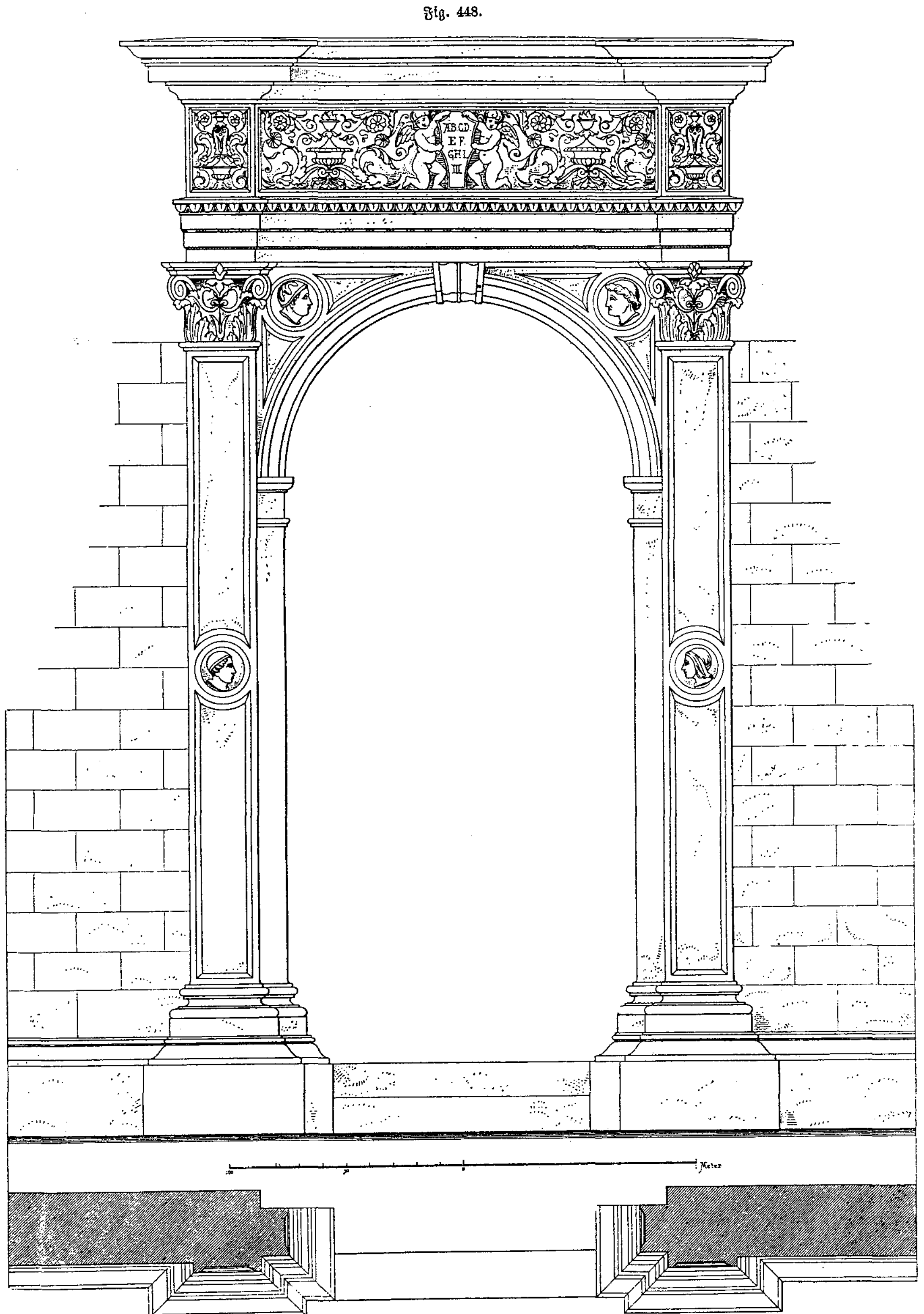
Fig. 447.



Konstruktiv notwendig erscheinen in Fig. 1—3 Schwelle, Gewände und Binder mit oder ohne Konsolbildung nebst dem Bogensturz, der glatt oder mit Skulpturenschmuck versehen sein kann. Vor diesem eigentlichen Thürgestell befinden sich eine oder mehrere rechtwinklige, sich nach außen erweiternde, nischenartige Vorlagen von gleicher oder verschiedener Tiefe, deren Ecken nur mit Wulsten oder mit freistehenden Säulchen ausgefüllt sind, welche in der nachromanischen Periode gewöhnlich durch einen Binder, Fig. 444, unterbrochen wurden.

Während die Thür Taf. 36, Fig. 1 u. 2, nur eine Vorlage zeigt, finden sich bei reicheren zwei, Fig. 443, aus der Kirche von Bois-Commun,[1]) und häufig bis zu fünf Vorlagen, wie z. B. an der berühmten goldenen Pforte zu Freiberg im Erzgebirge, wohl der glänzendsten Leistung der romanischen Portalbildung.[1])

Fig. 448.



Ferner ist in Fig. 445 ein Teil vom Portal des Domes in Limburg a. d. Lahn gegeben, um die

1) Nach Baudot, Eglises de Bourgs et Villages. Paris 1867.

1) Deutsche Bauzeitung 1894 und 1902, S. 464.

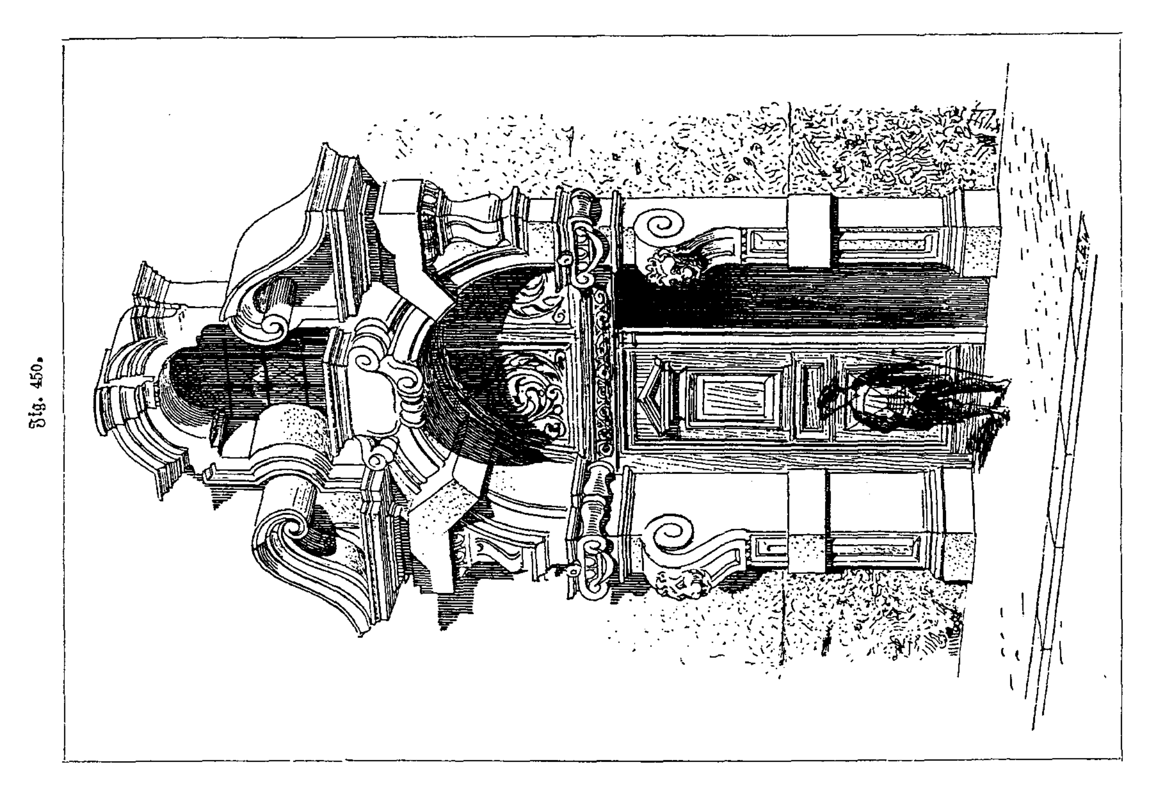


Fig. 450.

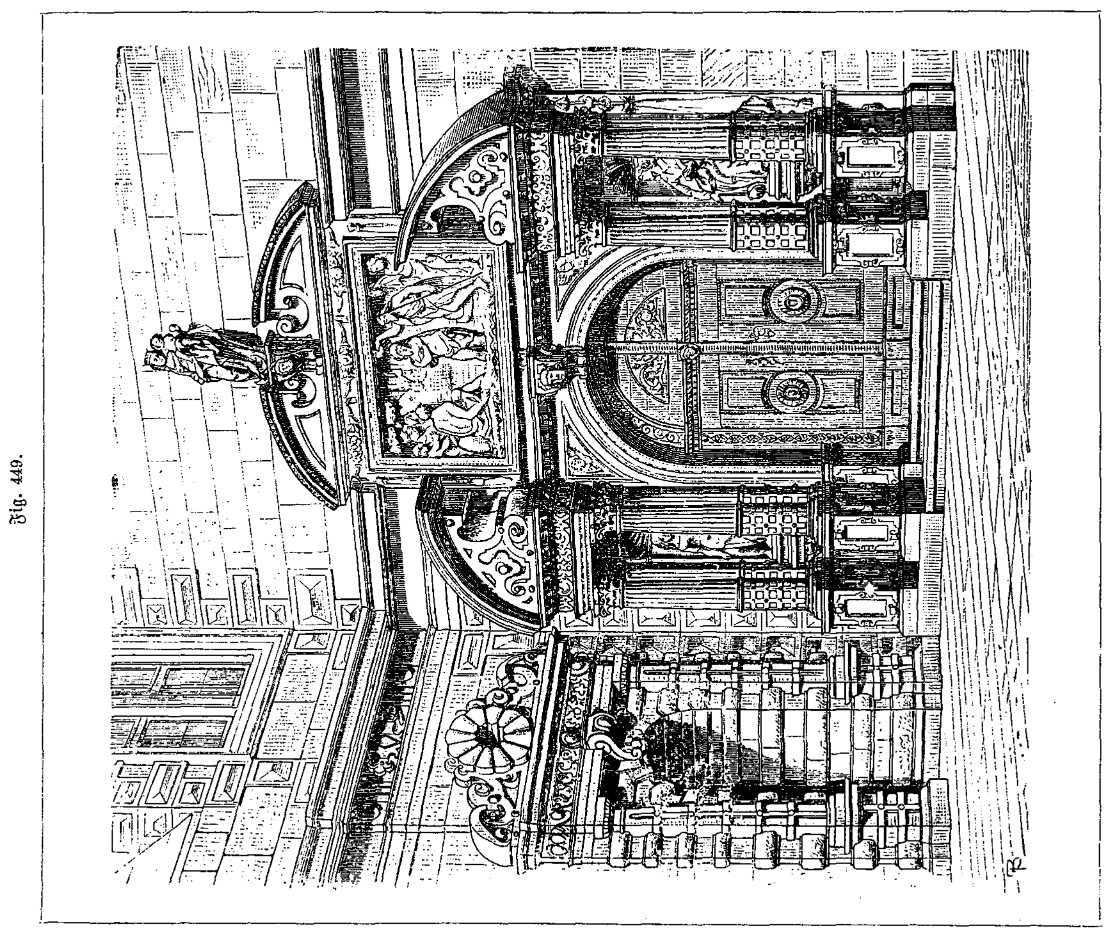


Fig. 449.

eigenartige Endigung der Profile der Portalgewände zu zeigen.

Taf. 37 zeigt vier Beispiele einfacher gotischer Thüren, die wir Hofstadts „Gotischem ABC“ entnommen haben,

Fig. 451.

während Fig. 446 im Grundriß und in der Sockelansicht die Bildung der gotischen Kirchenportale veranschaulicht. Hier haben die Leibungsflächen eine sich nach außen erweiternde schräge Stellung erhalten und sind mit den nicht ganz vollen Säulchen belebt; bei dem romanischen Portale, Fig. 443, dagegen stehen die Säulchen in den rechtwinkligen Ecken, die die Leibungen der Portalnische unterbrechen. In Fig. 446 ist auch der Mittelpfosten angegeben, durch den in der Regel bei größeren gotischen Portalen die Eingänge geteilt werden. Bei weiterer Durchbildung fallen die ausgesprochenen Säulchen weg, und die schräge Leibungsfläche löst sich auf in Rundstäbe und Kehlen, die noch häufig durch Figurenschmuck belebt werden. Ein besonders schönes Beispiel dieser Art ist das Doppelportal von der Kirche St. Theobald in Thann, von dem wir in Fig. 447 eine Ansicht mitteilen.[1])

Als Beispiele von Thürbildungen aus der Renaissanceperiode, die zugleich zeigen, mit welcher außerordentlichen Freiheit die Kunst dieser Zeit zu Werke ging, geben wir in Fig. 448 ein schönes Portal eines Wohnhauses in Genua, in Fig. 449 zwei prächtige Portale vom Schloß in Aschaffenburg, und schließlich in Fig. 450 das Barock-Portal eines Hauses in Antwerpen, das zwar eine große Entartung in den Detailformen zeigt, aber doch von malerischer und imposanter Wirkung ist.[2])

C. Balkone und Erker.

§ 11.

In Verbindung mit den Fenstern und Thüren, wie z. B. in Fig. 451 von einem Palaste in Parma,[3]) werden häufig frei vor die Mauerfluchten vortretende Ausbauten angebracht, welche auch in den oberen Geschossen den unmittelbaren Austritt in das Freie gestatten. Den Ausbau bezeichnet man als **Balkon**, wenn er frei schwebend auf Konsolen oder Balkenvorsprüngen ruht, und als **Altan** (Söller), wenn er auf Vorbauten oder auf Säulen, Pfeiler, Karyatiden u. dergl. angeordnet ist.[4]) Diese Ausbauten bilden in der Regel eine Fortsetzung des Fußbodens der Obergeschosse und werden mit 80—100 cm hohen Brüstungen versehen;

1) Zeitschrift für bildende Kunst 1873, S. 238.

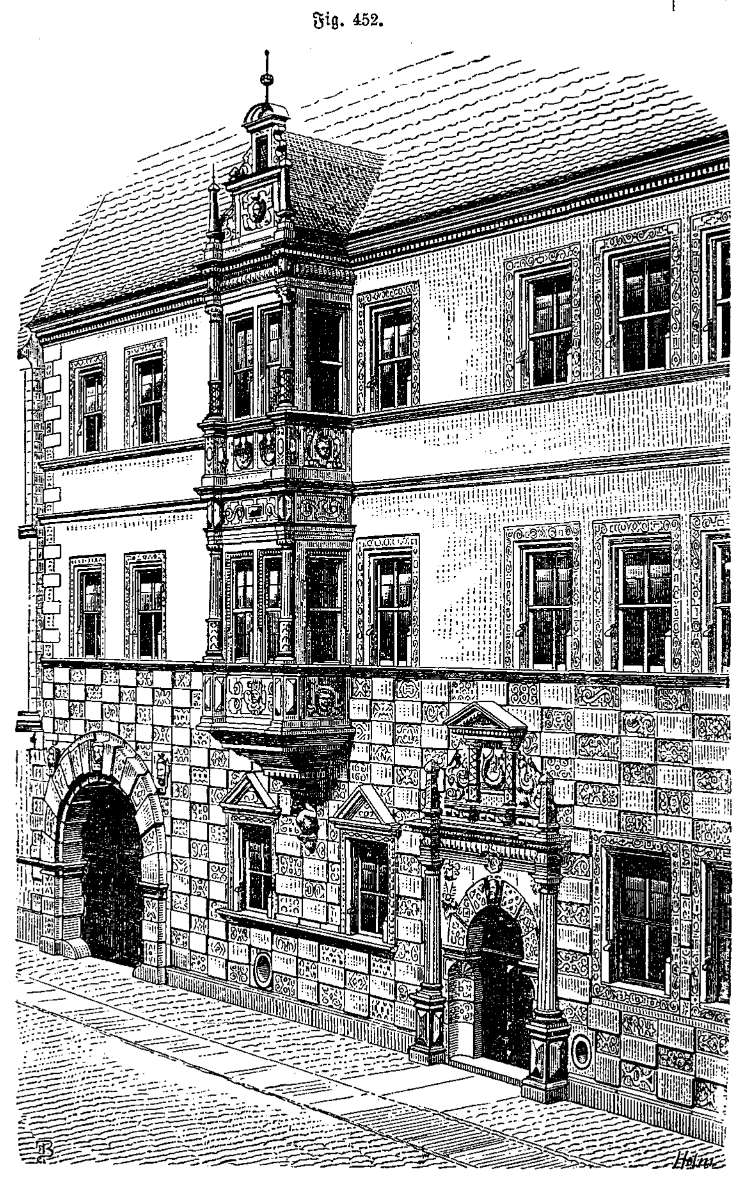
2) Nach Zeitschrift für bildende Kunst 1883, S. 83.

3) Zeitschrift für bildende Kunst 1883, S. 82, Fig. 13.

4) Die hochliegenden, auf flachen Dächern entstehenden Plattformen nennt man auch „Terrassen“; doch sollte man diese Bezeichnung auf tiefer liegende Plattformen beschränken. Siehe Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Band, 2. Heft, S. 47.

wird der Ausbau aber allseitig durch Pfeiler und Fenster geschlossen, so heißt er **Erker**, Fig. 452, aus Erfurt (Haus zum Stockfisch). Erhält der Balkon eine bedeutende Längenentwicklung, so wird er auch Galerie oder Laufgang genannt.

Fig. 452.



Sehr einfach gestaltet sich die Konstruktion des Balkons, wenn die aus einem Stück bestehende Platte auf zwei Konsolen aufruht, wie ein solcher auf Taf. 35, Fig. 1 u. 2 in architektonischer Verbindung mit der Hausthür dargestellt ist. Die Konsolen erhalten im einzumauernden Teile eine parallelepipedische Gestalt und greifen mit Rücksicht auf das nach außen drehende Umkantungsmoment am besten durch die ganze Mauerstärke hindurch; das die Konsolen umfassende Mauerwerk ist besonders sorgfältig mit Cementmörtel herzustellen. Die Balkonplatte bindet nur so weit in die Mauer ein, als zur Aufnahme der Gewände der Balkonthür erforderlich ist, und wird mit Wasserschräge versehen, damit das Regenwasser möglichst rasch ablaufen kann. Da hier die Platte die Thürschwelle vertritt, so muß sie mit einer durch den Wetterschenkel gedeckten erhöhten Leiste versehen werden, um das an der Thür herabfließende Wasser nach außen abzuleiten, Fig. 457; wie bei den Thürschwellen empfiehlt sich auch hier, eine vorstehende Flachschiene anzubringen (siehe Fig. 440). Unter den Thürgewänden und den Balkonpostamenten bleiben horizontale Standflächen stehen, wogegen die Zwischensockel der Brüstung in der untern Lagerfläche ausgehöhlt werden, damit das Wasser ablaufen

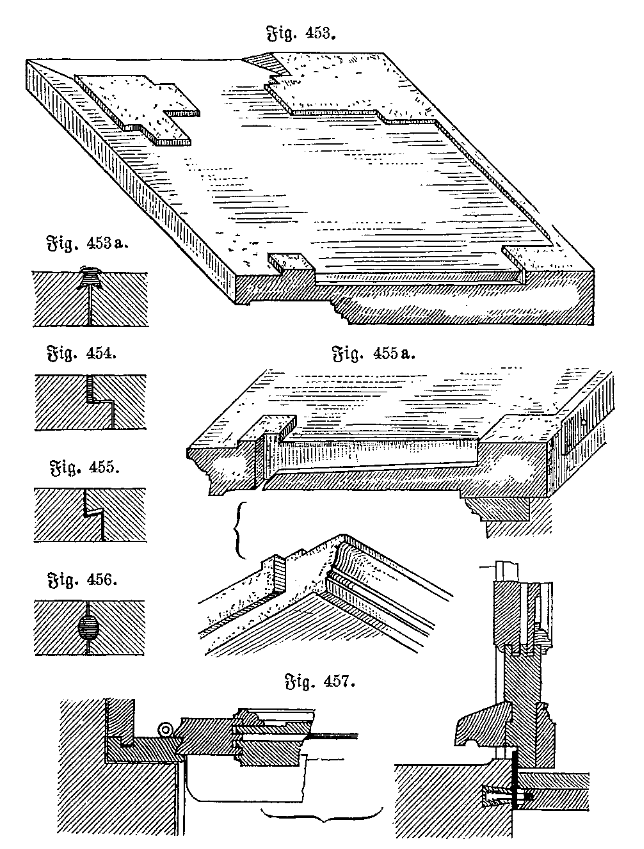


Fig. 453. Fig. 453a. Fig. 454. Fig. 455a. Fig. 455. Fig. 456. Fig. 457.

Die Anordnung, Form und Ausbildung dieser Auskragungen ist verschieden, je nach dem Charakter des Gebäudes und je nach dem Ort der Verwendung; die am meisten vorkommende Form ist das Rechteck, doch finden sich auch vielfach der Kreis, das Sechseck, das Achteck und andere einfache oder zusammengesetzte Formen.

Bei allen bilden die **Plattform** und die **Unterstützung** derselben die für die Konstruktion wichtigsten Bestandteile.

kann, Taf. 35, Fig. 1 u. 2; Taf. 38, Fig. 1. u. 2 und Textfigur 453.

Liegt die Balkonplatte tiefer als die Bodenebene des anschließenden Raumes, dann muß eine besondere Thürschwelle eingelegt werden, die die Balkonplatte teilweise überbindet, Taf. 39, Fig. 2.

Auf Taf. 38 geben wir die vollständige Darstellung eines größeren Balkons mit allen Einzelheiten der Konstruktion. Die auf zwei seitlichen Konsolen und dem Schlußsteine ruhende Balkonplatte ist ihrer bedeutenden

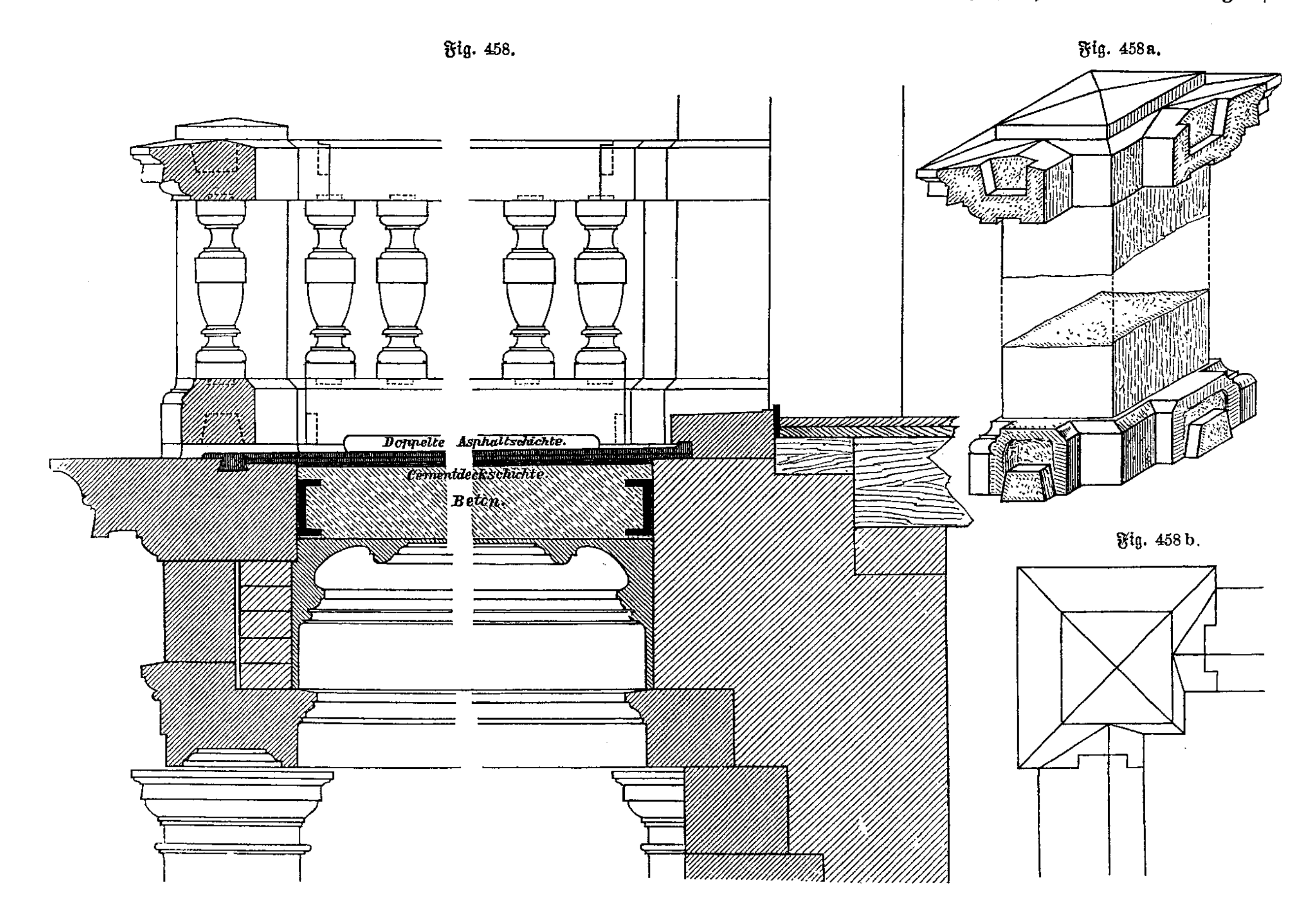


Fig. 458. Fig. 458a. Fig. 458b.

Größe wegen aus zwei Teilen zusammengesetzt. Werden die beiden Platten in der gewöhnlichen Weise nur stumpf aneinander gestoßen und mit Cementmörtel ausgegossen, so wird die Fuge auf die Dauer nicht dicht zu halten sein, weil der Temperaturwechsel die beiden Materialien, den Stein und den Mörtel, verschieden beeinflußt. Besser halten sich „verstärkte Mörtelbänder" nach Fig. 456 oder nach der in Fig. 163 angegebenen Anordnung, da wegen der größeren Fugenweite der einzugießende Mörtel dickflüssiger sein kann, so daß er weniger schwindet als der dünnflüssige Mörtel, der zum Ausgießen bei engem Fugenschluß verwendet werden muß. Vielfach werden auch Überfalzungen angeordnet, nach Fig. 454 mit Cementausguß oder nach Fig. 455 u. 455a mit Bleiplatteneinlage; diese letztere Überfalzung kann nach Fig. 455a so hergestellt werden, daß etwa durchsickerndes Wasser in dem schrägen und mit Fall versehenen Falz abgeleitet und in der Wassernase abgeführt wird. Besser als diese gekünstelten und wenig erfolgreichen Verbindungen ist die in Fig. 453 und 453a und auf Taf. 38, Fig. 3 und 8, dargestellte Konstruktion, wonach die Fuge im obern Teile schwalbenschwanzförmig erweitert und mit Blei ausgestemmt wird, so daß dieses einen ganz flachen, etwas übergreifenden Wulst bildet; diese Verbindung ist einfach auszuführen, außerordentlich dauerhaft und kann jederzeit leicht nachgedichtet werden.

Bei Altanen sind die Abmessungen in der Regel so bedeutend, daß die Plattform nicht mehr mit durchgreifenden Steinplatten hergestellt werden kann; die Abdeckung muß dann mit Asphalt oder mit Asphalt und kleinen Steinplatten oder Fliesen vorgenommen werden.

Fig. 458 zeigt eine Asphaltabdeckung auf einer Betondecke zwischen Eisenschienen. Der Asphalt, der auf die abgleichende Cementdeckschicht aufgebracht wird und aus einem Gemisch von Asphalt mastix, Goudron und Kies besteht, wird am besten in zwei je $1^1/_2$ cm starken Lagen

aufgetragen, eine untere **weichere** (durch mehr Zusatz von Goudron), die elastisch ist und deshalb nicht so leicht springt, und eine obere **härtere** (durch weniger Zusatz von Goudron), die besser dem Einfluß von Sonne, Wärme und von Stößen wiedersteht.[1]) Die beiden Lagen schmelzen bei der Arbeit zusammen und bilden dann eine Deckschicht.

Der Anschluß der Asphaltdeckschicht an den den Altan abschließenden Steinkranz, der sorgfältig verklammert sein muß, um Bewegungen möglichst zu verhüten, geschieht am besten mit einer in die Steine eingehauenen schwalbenschwanzförmigen Nute, die von der Asphaltschicht um wenige Centimeter überdeckt wird, Fig. 458. Der Anschluß an die Thürschwelle erfolgt entweder nach Fig. 458 durch Überdeckung, oder bei gleicher Höhenlage des Altanbodens mit dem Zimmerboden, nach der in Fig. 459a gegebenen

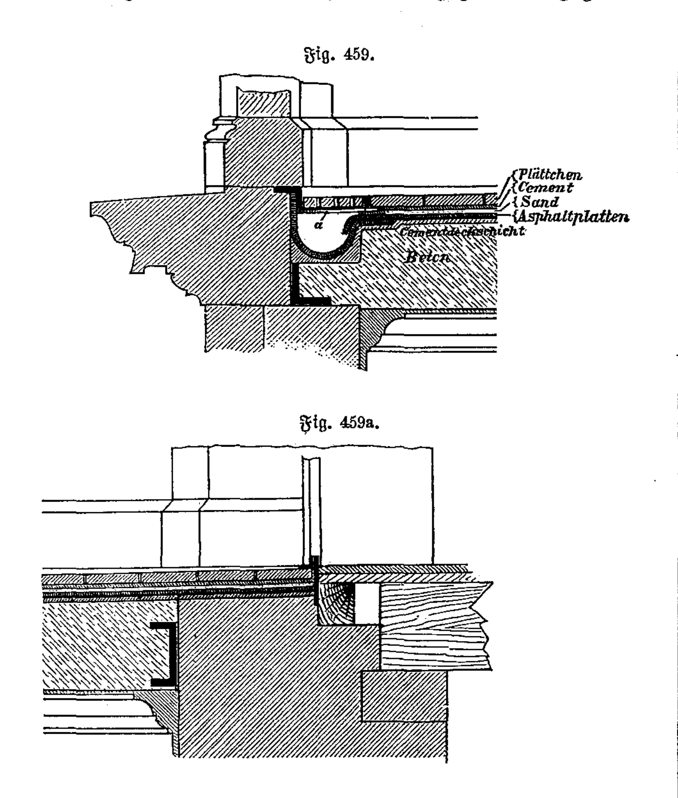


Fig. 459.

Fig. 459a.

Konstruktionsweise, indem die Schwelle ganz wegbleibt und die Asphaltschicht unter ein ⅃-Eisen greift, das mit der den Anschlag bildenden Flachschiene sorgfältig vernietet und mit dem untern Schenkel nach außen gerichtet ist.

Eine sehr solide Abdeckung von Altanen und Terrassen läßt sich mit „Asphaltplatten" herstellen, die in neuerer Zeit große Verbreitung gefunden und sich vorzüglich bewährt haben. Diese Platten bestehen aus Asphaltschichten in Verbindung mit zähen, langfaserigen, imprägnierten einfachen oder doppelten Einlagen, die gegen ein Zerreißen sehr widerstandsfähig und dabei doch zugleich sehr dehnbar sind;[1]) diese ca. 3 m langen und 0,80—1 m breiten Asphaltplatten werden in vorgerichteten, ca. 7—8 cm breiten Falzen unter sich mittels eines besonderen Klebestoffes (aus Klebeasphalt und präpariertem Asphaltteer) in festen Verband gebracht, und bilden so einen dichten Schutzmantel, der den geringen Bewegungen des Mauerwerks widersteht, ohne die Wasserdichtigkeit zu verlieren.

In Fig. 459 u. 459a ist eine Altanabdeckung mit solchen Asphaltplatten und Fliesenbelag dargestellt. Die Platten werden sorgfältig auf eine den Beton abdeckende Cementdeckschicht aufgelegt, hierauf eine feine Sandschicht aufgebracht und nunmehr die Plättchen gut in Cementmörtel verlegt; der Anschluß an die Thüranschlagsschiene erfolgt bei gleichhoch liegendem Boden nach Fig. 459a, oder bei Anwendung einer Thürschwelle nach Fig. 458.

Zur Ableitung des Wassers, namentlich bei großen Altanen, empfiehlt sich die Anlage einer inneren Rinne, Fig. 459, mit Asphalt auf Cementunterlage, die mit durchbohrten, gut imprägnierten Dielen oder mit durchbrochenen Eisenplatten, die auf Eisenspreizen „a" ruhen, abgedeckt wird, so daß sie stets leicht zugänglich bleibt. Der Anschluß gegen den Steinkranz erfolgt am besten durch ein überdeckendes ⅂-Eisen, und der Abschluß gegen den Fliesenbelag durch eine mit den Eisenspreizen verbundene stehende Flachschiene.

Ähnliche Abdeckungskonstruktionen werden auch bei nur wenig vortretenden Altanen, wie solche namentlich bei öffentlichen Bauten vorkommen, zur Anwendung gebracht. Eine solche Anordnung zeigt Taf. 39, Fig. 1 u. 1a. Das Mauerwerk ist durch eine unter die Thürschwelle durchgreifende Asphaltschicht abgedeckt, zwischen Brüstungsfuß und Thürschwelle eine in Cement hergestellte und sorgfältig in Zinkblech oder Bleiblech ausgelegte Rinne eingefügt und diese durch einen Laufdielen auf verzinkten Eisenspreizen abgedeckt, wodurch Beschädigungen der Rinne durch Betreten u. s. w. ausgeschlossen sind. In Fig. 1b, 1c, 1d ist der Steinschnitt der Brüstung dargestellt.

Die Konstruktion der Steinbrüstungen ist im allgemeinen sehr einfach; es handelt sich in den meisten Fällen darum, die verhältnismäßig kleinen und leichten Steine, aus denen die Brüstungssockel und Brüstungsdeckel bestehen, so einzuspannen, daß sie festliegen und nicht leicht verschoben werden können. Sie werden deshalb gewöhnlich auf Kehrung an die Postamentsteine angeschlossen und mit Steinklammern verbunden, Taf. 38, Fig. 6 u. 7 und Taf. 39, Fig. 1d, oder sie werden auch mit Zapfen

1) Siehe Kap. VI, § 12.

1) Fabrikate von **Büßcher & Hoffmann** in Eberswalde, von **Hoppe & Röhming** in Halle a. S. u. a.

ineinander gesetzt, wie dies in Wien gebräuchlich zu sein scheint, Fig. 458 a u. b.[1])

Die Baluster (Doggen) werden gewöhnlich nur mit Holzdübeln in den Brüstungssockel, oder mit an die Doggen angearbeiteten kurzen plattenartigen Zapfen, Fig. 458, in Sockel und Deckel eingesetzt. Eine vorzügliche Versteifung erreicht man durch eine über die Doggen laufende und mit entsprechenden Dollen versehene Flacheisenschiene, die ein sehr sorgfältiges Versetzen der Doggen möglich macht und späteres Lockerwerden verhindert. Der Brüstungsdeckel, in den eine entsprechende Vertiefung eingehauen ist, wird erst nach der Befestigung der Flachschiene verlegt, Taf. 39, Fig. 3 u. 1 a.

Fig. 460.

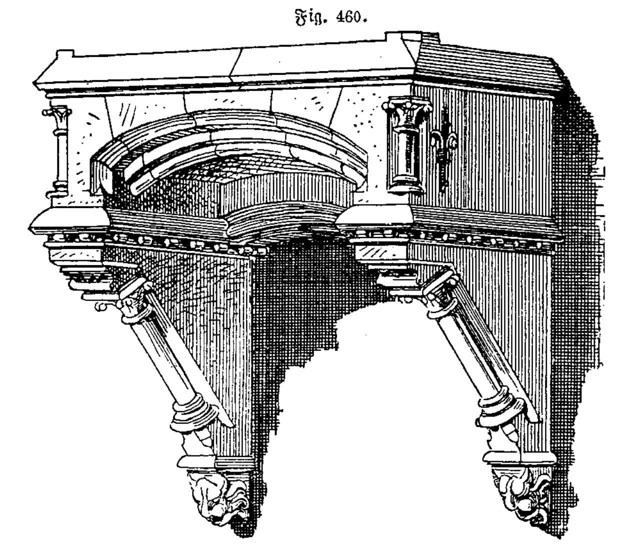


Fig. 462.

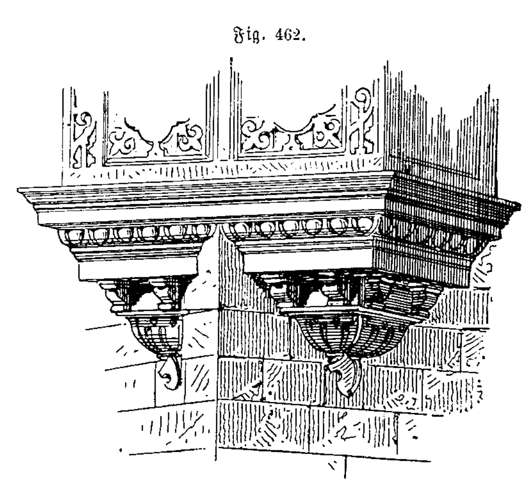
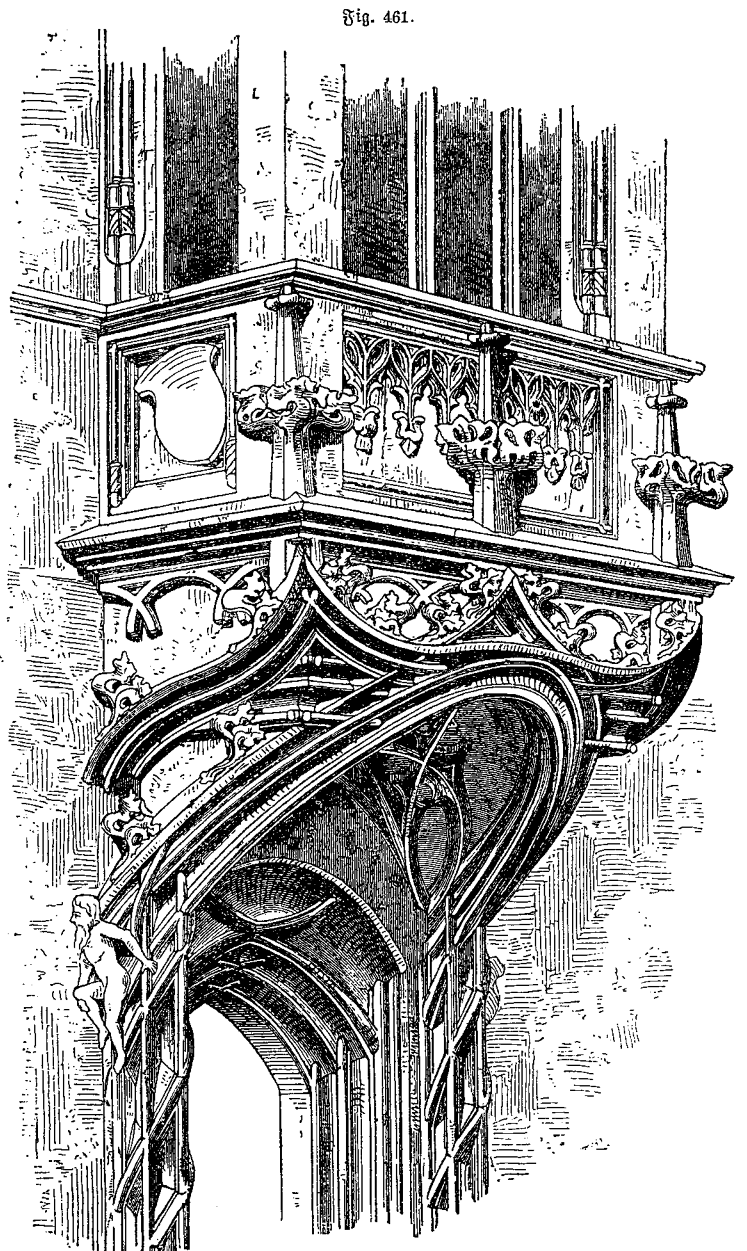


Fig. 461.



Vorteilhafter und angenehmer als die in unserem Klima wenig benutzbaren Balkone sind die Erker, die in den letzten Jahren wieder vielfach zur Ausführung gekommen sind. „Die Bildung eines kleinen Raumes, der an das Wohnzimmer, an den Salon u. s. w. stößt, in den man sich zurückziehen kann, ohne von letzterem abgeschlossen zu sein, hat manches Reizvolle und giebt auch zu hübschen architektonischen Lösungen Anlaß.“[1])

Die Konstruktion der Erker fällt in vielen Teilen mit derjenigen der Balkons zusammen, insbesondere bezüglich der Ausbildung der stützenden Teile. Hier wird nur die Belastung der Konsolen durch den Erkeraufbau wesentlich größer, dementsprechend wächst das Umkantungsmoment, und es muß die Belastung der im Mauerwerk steckenden Teile

1) Gugitz, Neue und neueste Wiener Baukonstruktionen. Wien, Verlag von Waldheim.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. Heft, S. 92.

der Konsolen so groß sein, daß die genügende Sicherheit vorhanden ist. Ist dieses nicht der Fall, so muß zur Erhaltung des Gleichgewichts, ganz ähnlich wie bei den Hauptgesimsen, der unterhalb befindliche Teil des Mauerwerks an die Konsolen „angehängt" werden. Die Konsolen müssen aber auch die genügende Festigkeit und Tragfähigkeit besitzen, um die vermehrte, auf Biegungsbeanspruchung wirkende Belastung im freien vorkragenden Teile mit genügender Sicherheit aufzunehmen. Andernfalls muß eine entsprechende Eisenkonstruktion zur Entlastung der Konsolen eingefügt werden, wie eine solche auch in allen Fällen notwendig wird, wo einzelne Teile des Erkeraufbaues (Mittelgewände, Zwischensäulen u. s. w.) keine unmittelbare Unterstützung durch Konsolen erhalten können.

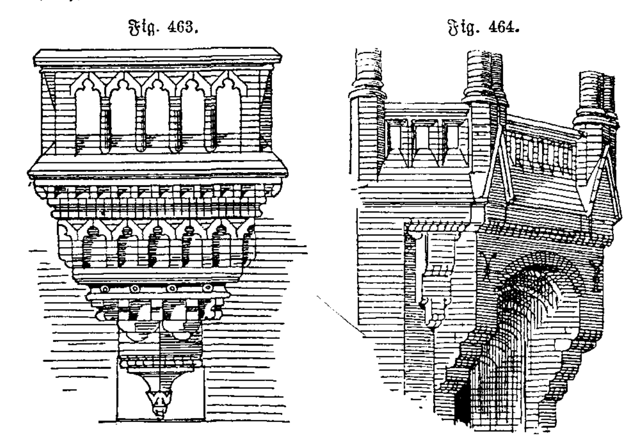
Auf Taf. 40 ist eine Erkerkonstruktion dargestellt, in der die soeben erwähnten drei Fälle vereinigt sind. Um die Steinkonsolen zu entlasten, sind in den Brüstungen der Seitenwände hohe I-Schienen angeordnet, die unmittelbar das Gewicht der Eckpfeiler aufnehmen; diese Schienen tragen eine in der vordern Brüstung liegende I-Schiene b, die das Gewicht des Mittelgewändes aufzunehmen und zu übertragen hat. Die Überlastung der Schiene a im Mauerwerk ist aber zur Erhaltung des Gleichgewichts nicht ausreichend, und es muß deshalb durch [-Eisen und Ankerbolzen, ähnlich wie bei den verankerten Hauptgesimsen, ein entsprechender Teil des unten liegenden Mauerwerks zur Vermehrung der Belastung beigezogen werden.

Taf. 41 giebt die Konstruktion des durch vier Stockwerke reichenden und mit einem Turmhelm abgeschlossenen Erkers am Modelschen Hause in Karlsruhe[1]) (von Oberbaurat Lang). „Über den Erkertragstein, der sich auf dem Schlußstein des Rundbogenfensters des Erdgeschosses entwickelt, wurden in Bezug auf Drehung und Bruch Berechnungen angestellt, und obschon die Ergebnisse, insbesondere auf die Widerstandsfähigkeit des Steines gegenüber der Belastung günstig waren, so hielt man es doch der größern Sicherheit wegen für zweckmäßig, den Erkerstein durch zwei bis zum Fundament hinabreichende Zuganker a gegen Drehung zu sichern, sowie denselben durch Anordnung einer Eisenkonstruktion über dem zweiten Stock teilweise zu entlasten durch Übertragung des Gewichtes auf die Mauerpfeiler." Die Konstruktion dürfte in allen Teilen durch die gegebenen Zeichnungen klargelegt sein und weitere Erläuterungen überflüssig machen.

1) Wiener allgemeine Bauzeitung 1882.

Schließlich geben wir noch, um zu zeigen, in wie verschiedener Weise die Unterstützungskonstruktion von Balkonen und Erkern durchgeführt werden kann, in Fig. 460 eine Anordnung, bei der der Zwischenraum zwischen den beiden Konsolen zunächst durch einen Bogen überspannt ist,[1]) in Fig. 461 einen reizenden spätgotischen Erker aus Freiburg i. B. in reicher Durchbildung,[2]) und in Fig. 462 eine hübsche Lösung eines übereck gestellten Erkers (aus Rufach).[3])

Fig. 463. Fig. 464.



Die Konstruktion der Erker- und Balkonunterstützungen ganz aus Backsteinen ist nur durch allmähliche Überkragung einzelner Steinschichten oder durch Anwendung von Bogen zur Bildung der Plattform zu erreichen, Fig. 463 u. 464;[4]) bei Balkons wird der Boden durch einen Plattenbelag oder durch einen Asphalt- oder Cementestrich u. dergl. gebildet.

1) Handbuch der Architektur, III. Tl., II. Bd., 2. Heft, Fig. 214.
2) Ebenda. II. Teil, IV. Bd., 2. Heft, Fig. 204.
3) Ebenda. III. Teil, II. Bd., 2. Heft, Fig. 305.
4) Ebenda. III. Teil, II. Bd., 2. Heft.

Drittes Kapitel.

Konstruktion der Gewölbe.

§ 1.

Allgemeines.

Unter Gewölbe versteht man eine aus einzelnen (keilförmigen) Steinen zusammengesetzte Steindecke, die vermöge der Gestalt und der Zusammenfügung dieser Steine freischwebend über dem Raume erhalten wird, unter Voraussetzung unverrückbarer Begrenzungsmauern oder Pfeiler.

Die äußere Gestaltung, etwa nach dem Kreise oder nach anderen Bogenlinien, ist daher kein bezeichnendes Merkmal, da ein scheitrechtes Gewölbe eine ebene Decke bildet und doch als Gewölbe bezeichnet werden muß, während dagegen z. B. die sogenannten griechischen Schatzhäuser (des Atreus in Mykenä u. a.) kuppelförmige Deckenbildungen zeigen, die jedoch nicht nach dem Prinzip der Gewölbekonstruktionen, sondern mit horizontal vorgekragten Steinschichten gebildet sind, Fig. 465. Trotz ihrer kuppelförmigen Gestalt fallen diese Deckenkonstruktionen deshalb nicht unter den Begriff der Gewölbe, so wenig, wie die durch Überkragung gebildeten Abdeckungen von Mauerthoren, wie sich solche bei den alten Völkern finden, Fig. 466 u. 467. In diesen Konstruktionen, wie in der Fig. 468 dargestellten, wo zwei Steine sparrenförmig gegeneinandergestellt sind, ist aber die Idee des Bogens enthalten, wie auch das früher erwähnte Polygongemäuer der Pelasger, Fig. 469 das Prinzip des Bogens in sich trägt.[1])

Fig. 465.



Zwischen Gewölbe und Bogen ist kein wesentlicher Unterschied, da die Bogen fast ausnahmslos kurze Tonnengewölbe sind und Konstruktion und Benennungen dieselben bleiben.

Von allen Deckenkonstruktionen wirkt das Gewölbe am mächtigsten, da durch dasselbe die Schwere der Materie scheinbar überwunden ist, weshalb wir es die Krone der Steinkonstruktionen nennen dürfen.

Die Gewölbe spannen sich entweder zwischen geschlossene oder mit Bogen durchbrochene Mauern, und man unterscheidet hiernach:

a) Geschlossene Gewölbe, wenn der Gewölbeschub auf sämtliche Umfassungsmauern übertragen wird (Kloster-, Mulden-, Spiegel- und Kuppelgewölbe).

Fig. 466.

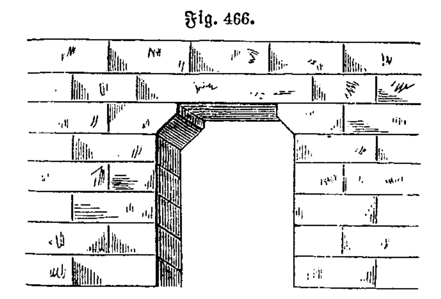


Fig. 467.

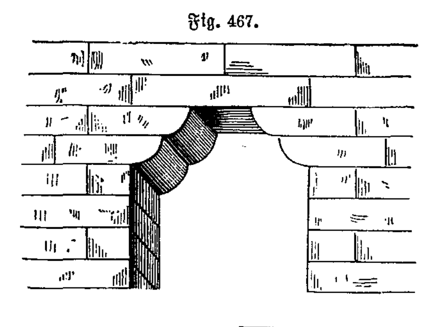
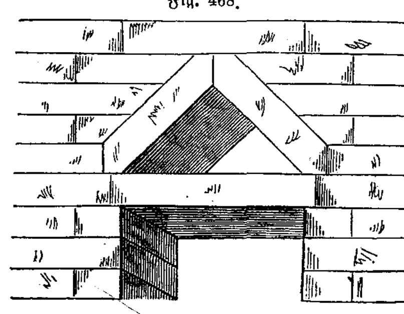


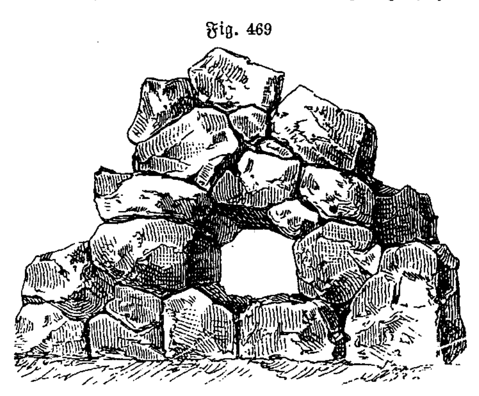
Fig. 468.



1) Semper, Der Stil, II. Bd., S. 340: „Offenbar ist in dem entwickelten cyklopischen Gemäuer das Prinzip des Gewölbes latent; mag man dasselbe durchbrechen, wo man wolle, so bildet sich über der Bresche von selbst ein Spannbogen, der sich dem Einstürzen der oberen Mauerteile entgegenstemmt."

b) Halboffene Gewölbe, wenn nur zwei sich gegenüberliegende Mauern das Gewölbe aufzunehmen haben (Tonnengewölbe und preußisches Kappengewölbe).
c) Offene Gewölbe, wenn der Gewölbeschub nur auf Eckpfeiler übertragen wird, so daß die sämtlichen umschließenden Mauern nur raumbegrenzend und nicht gewölbetragend sind und daher ganz fehlen können.

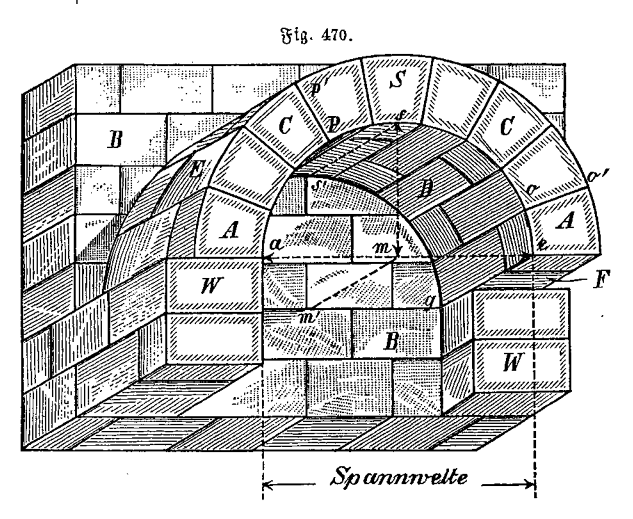
Fig. 469



Die für die einzelnen Gewölbeteile und die zugehörigen Mauern gebräuchlichen Benennungen sind folgende (Fig. 470):

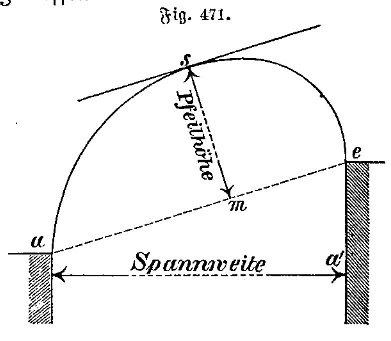
1. Widerlager, Widerlagsmauern W sind die Umfassungsmauern, die dem Gewölbe als Stütze dienen, und die vermöge ihrer Stabilität dem Druck und dem Seitenschub des Gewölbes Widerstand leisten.

Fig. 470.



2. Stirn- oder Schildmauern heißen die Umfassungsmauern B, die nicht Widerlager sind.
3. Gewölbestirn oder Gewölbehaupt nennt man die normale Querschnittsfläche C eines Gewölbes.
4. Leibung ist die innere oder untere Fläche D eines Gewölbes.
5. Rücken nennt man die äußere oder obere Fläche E des Gewölbes.
6. Gewölbeprofil oder Gewölbelinie heißt die Schnittlinie a s e der Gewölbeleibung mit einer lotrechten und zur Leibung winkelrechten Ebene.
7. Gewölbeachse ist die Verbindungslinie m m' der Mittelpunkte der Bogenlinie.
8. Scheitelpunkt ist der höchste Punkt s der inneren Bogenlinie, Fig. 470 u. 471; die Verbindungslinie s s' der Scheitelpunkte bildet die Scheitellinie.
9. Kämpferpunkte sind die Anfangspunkte a und e der Bogenlinie; die Verbindungslinie e g der Kämpferpunkte heißt eine Kämpferlinie, Fig. 470.
10. Spannweite ist die horizontale Entfernung zweier einander gegenüberliegenden Widerlager.
11. Pfeilhöhe oder Stichhöhe heißt der normale Abstand zwischen der Verbindungslinie a e zweier gegenüberliegenden Kämpferpunkte und der zu dieser parallelen Scheiteltangente.
12. Gewölbesohle heißt die Fläche F, mit der das Gewölbe auf dem Widerlager aufsitzt.
13. Gewölbesteine sind die einzelnen das Gewölbe bildenden Steine; die unmittelbar auf dem Widerlager aufruhenden Gewölbesteine A heißen Anfänger oder Kämpfersteine und die den Scheitel bildenden Steine S Schlußsteine.
14. Lagerfugen heißen die in der Gewölbestirn sichtbar werdenden Fugen, wie o o', p p', Fig. 470, die durch die übereinander liegenden Gewölbesteine gebildet werden; die Fugen dagegen, die sich durch das Aneinanderstoßen der Steine einer Schicht ergeben, heißen Stoßfugen.
15. Die Gewölbedicke wird durch die Länge der Lagerfugen gemessen.

Fig. 471.

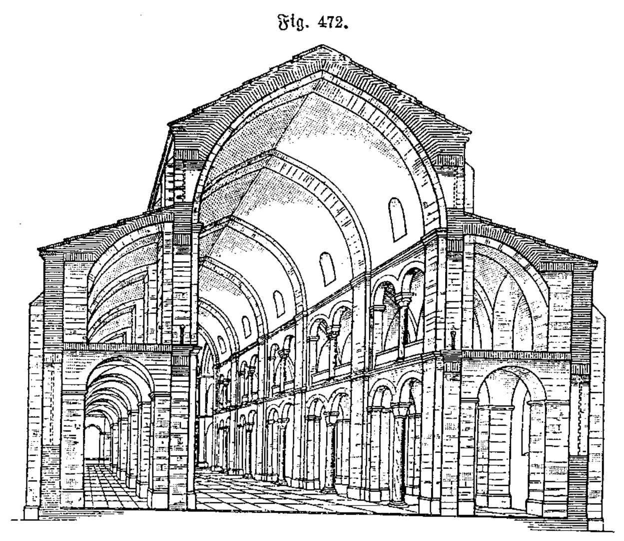


16. Gewölbeschenkel heißen die beiden Gewölbestücke, die rechts und links von einer durch die Scheitellinie gelegten lotrechten Ebene liegen; jeder Schenkel eines Mauerbogens, für sich betrachtet, heißt ein Strebebogen, wie sich solche z. B. an den gotischen Kirchenbauten zur Aufnahme des Schubes der Mittelschiffgewölbe finden, Fig. 863 u. 864.
17. Einhüftige oder steigende Gewölbe sind solche, bei denen die Kämpfer in verschiedener Höhe liegen,

Fig. 471; den Höhenunterschied der beiden Kämpfer bezeichnet man als Hüfthöhe.

Solche einhüftigen Gewölbe finden sich z. B. unter Treppen, Fig. 1008, aber auch über Seitenschiffen von frühmittelalterlichen Kirchen, Fig. 472, aus einer Kirche bei Tour,[1]) wo solche zur Aufnahme des Gewölbeschubes der Tonne des Mittelschiffes angelegt wurden.

Fig. 472.



18. Alle Gewölbe nach Bogenlinien, die nicht normal aus dem Widerlager aufsteigen, sondern deren Tangente spitze Winkel mit der Horizontalen bilden (Stichbogen), bezeichnen wir als Gewölbekappen; wir sprechen deshalb von Kugelkappen, böhmischen Kappen, Kreuzkappen u. s. w.

19. Je nach der Gestaltung der Leibungsfläche führen die Gewölbe, die sich sämtlich aus dem cylindrischen Gewölbe — dem Tonnengewölbe — ableiten lassen, verschiedene Namen, und man unterscheidet die folgenden Hauptgruppen:

A. Das Tonnen- und Kappengewölbe.
B. Das Klostergewölbe.
C. Das Kuppelgewölbe.
D. Das Kugelgewölbe.
E. Das böhmische Gewölbe.
F. Das Muldengewölbe.
G. Das Spiegelgewölbe
H. Das Kreuzgewölbe.
I. Das Fächer- oder Trichtergewölbe.
K. Das Stern- und Netzgewölbe.

20. Als hängende Gewölbe bezeichnet man jene, bei denen einzelne Widerlagssteine von oben durch besondere Hängekonstruktionen frei schwebend gehalten werden.

1) Hübsch, Altchristliche Kirchen.

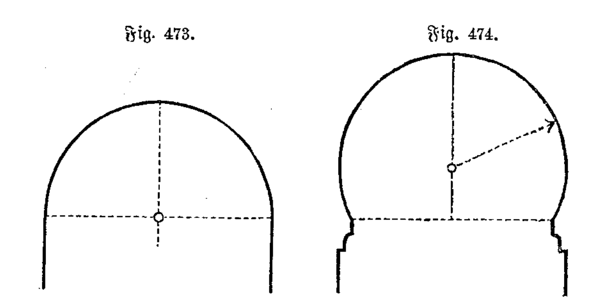
§ 2.

Zeichnung der Bogenlinien.

Als Bogenlinien werden verwendet:

A. Der Halbkreis, Fig. 473.
B. Der Hufeisenbogen, Fig. 474.

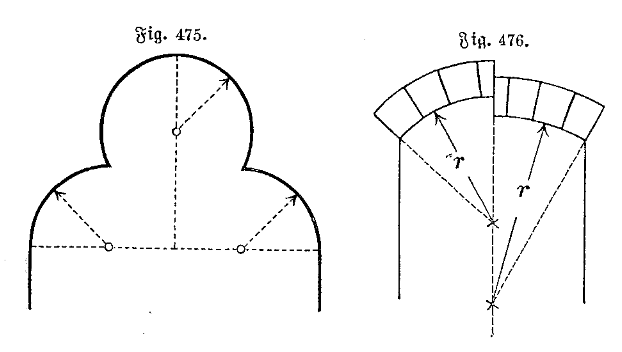
Fig. 473. Fig. 474.



C. Der Kleeblattbogen, der nur bei Bogen Verwendung findet, Fig. 475 (Fig. 400—404).

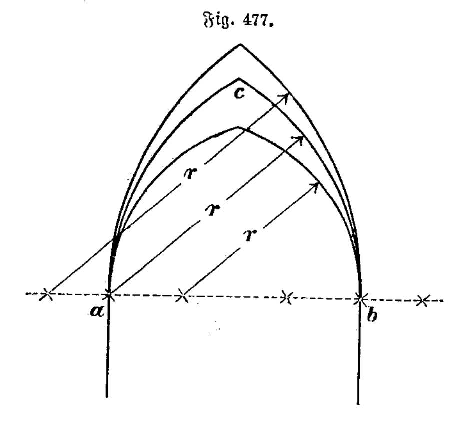
D. Der Segment- oder Stichbogen mit mehr oder weniger großer Pfeilhöhe, Fig. 476; bei unendlich großem Radius wird die Pfeilhöhe Null, und der Stichbogen geht in den „scheitrechten" Bogen über.

Fig. 475. Fig. 476.



E. Der Spitzbogen, aus 2 Kreisstücken zusammengesetzt, bei dem, wie beim Stichbogen, das Verhältnis zwischen Pfeilhöhe und Spannweite sehr verschieden

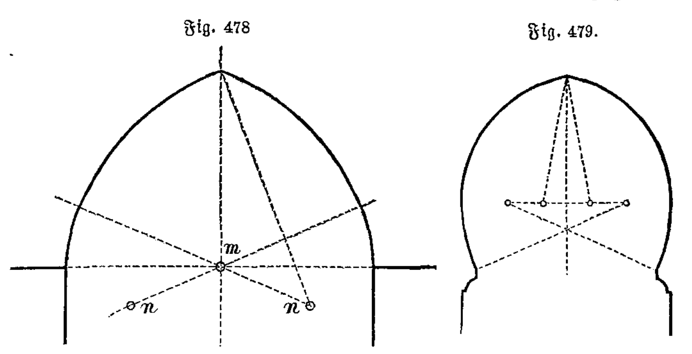
Fig. 477.



sein kann, Fig. 477. Liegen die Mittelpunkte innerhalb der Spannweite, so erscheint der Spitzbogen noch

wenig schlank, liegen sie in den Kämpferpunkten, so wird der Bogen „gleichseitig", d. h. es läßt sich in ihn ein gleichseitiges Dreieck a b c einschreiben. Rücken die Mittelpunkte über die Kämpferpunkte hinaus, so entsteht eine übertrieben spitze, lanzettartige Form, der Lanzettbogen. Die Bogenlinien sind meistens jede für sich aus einem Mittelpunkte geschlagen, doch können auch, wie dies häufig bei den gotischen Gewölben der Fall ist, die Bogenschenkel für sich aus mehreren Mittelpunkten beschrieben werden, Fig. 478.

Fig. 478 Fig. 479.

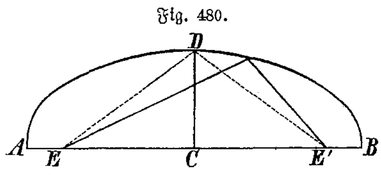


F. Der hufeisenförmige Spitzbogen, bei dem jede Bogenlinie aus einem oder aus zwei Mittelpunkten geschlagen werden kann. Fig. 479.

G. Die Ellipse, gedrückt, wenn die große Achse die Spannweite, und überhöht, wenn die kleine Achse die Spannweite des Bogens bildet. Fig. 482 u. 483.

Die Ellipse ist dadurch bestimmt, daß die Summe der Abstände jedes einzelnen Punktes der Ellipse von zwei gegebenen Punkten, den Brennpunkten, die auf der großen Achse liegen, gleich ist der Länge der großen Achse. Hieraus ergiebt sich die gebräuchlichste und einfachste Art der Aufzeichnung in der Praxis zur Herstellung der Lehrbogen und Schablonen. Sind nämlich durch die Linien A B und C D, Fig. 480,

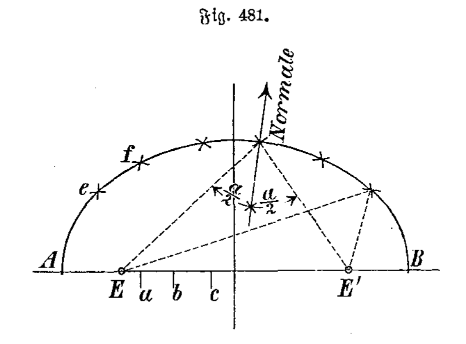
Fig. 480.



die Spannweite und die Pfeilhöhe des als Ellipse zu zeichnenden Bogens gegeben, d. h. die große und die halbe kleine Achse, so bestimmt man auf der großen Achse A B die beiden Brennpunkte E und E', indem man D E und D E' = A C = B C macht; es ist dann D E + D E' = A C + B C = A B gleich der großen Achse. Befestigt man jetzt in den Brennpunkten die Enden einer Schnur von der Länge der großen Achse und setzt einen Stift ein, so beschreibt dieser bei stetiger straffer Anspannung der Schnur die verlangte Ellipse.

Nach demselben Gesetze läßt sich ohne Anwendung einer Schnur eine Anzahl Punkte der elliptischen Kurve bestimmen, indem man, Fig. 481, die große Achse an beliebigen Punkten a, b, c ... in je 2 Teile A a und a B, A b und b B .... zerlegt und mit den

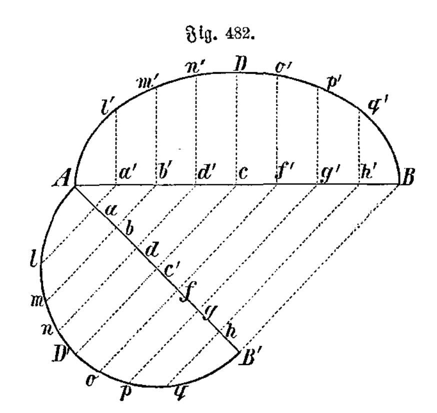
Fig. 481.



zusammengehörigen Stücken aus den Brennpunkten Kreislinien schlägt, die sich gegenseitig abschneiden und dadurch Punkte der Ellipse ergeben. So z. B.:

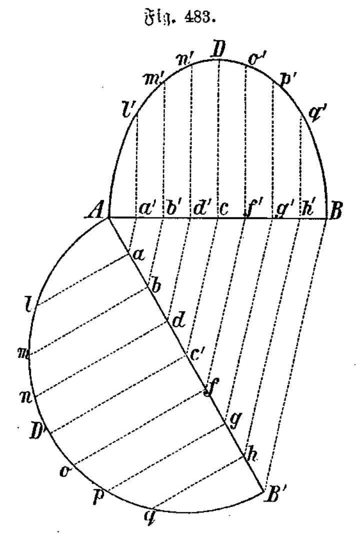
A a = E e und a B = E' e,
daher E e + E' e = A B.
A b = E f und b B = E' f
daher E f + E' f = A B u. s. w.

Fig. 482.



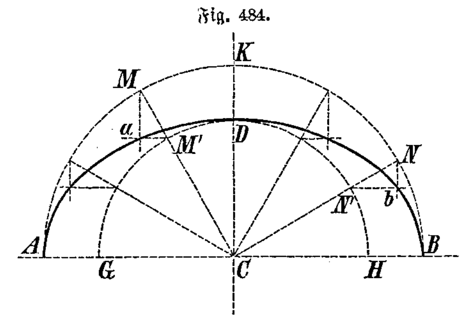
Eine andere einfache Methode, die Ellipse zu verzeichnen, bietet die sogenannte Vergatterung, Fig. 482 u. 483. Sind mit A B und C D die Spannweite und die Pfeilhöhe des Bogens gegeben, so ziehe man unter einem beliebigen Winkel zu A B die Linie A B' = 2 . C D und beschreibe über dieser mit dem Radius C D einen Halbkreis. Die Linie A B' teile man, am besten symmetrisch von der Mitte aus, in eine beliebige Anzahl gleicher oder ungleicher Teile, ziehe B B', teile A B durch Parallele zu B B' proportional den Teilungen der Linie A B' und mache die Ordinaten a' l' = a l, b' m' = b m u. s. w., so liegen die Punkte l', m', n' in der verlangten Ellipse.

Fig. 483.



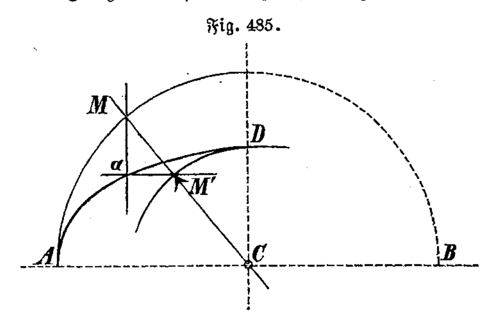
Eine einfache Art, Punkte der Ellipse ohne Zuhilfenahme der Brennpunkte zu bestimmen, zeigt Fig. 484. Man beschreibt mit den beiden halben Achsen als Radien aus dem Mittelpunkte C die beiden konzentrischen Kreise A K B und G D H, zieht beliebige Strahlen C M, C N, …, aus den Schnittpunkten M, N, … lotrechte und aus den Schnittpunkten M', N', … wagerechte Linien, so geben deren Schnittpunkte a, b, …. Punkte der gesuchten Ellipse.

Fig. 484.



Diese Ellipsenkonstruktion kann mit Vorteil verwendet werden, wenn nur eine Achse bekannt und ein beliebiger Punkt der Ellipse gegeben ist, woraus die Größe der anderen Achse ermittelt werden soll, um die ganze Ellipse verzeichnen zu können.

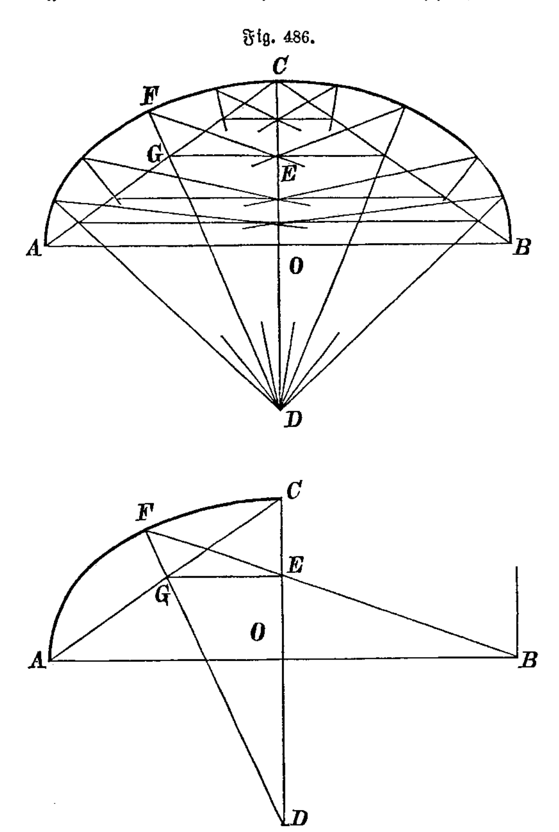
Fig. 485.



Gegeben sei die große Achse A B und ein Punkt a der Ellipse, Fig. 485. Man ziehe durch a die Lotrechte a M bis zum Schnitte mit dem über A B geschlagenen Kreise, verbinde M mit C und ziehe durch a eine wagerechte Linie, so schneidet diese die M C in M', und es ist M' C die gesuchte halbe kleine Achse.

Eine andere sehr einfache Konstruktion zeigt Fig. 486: Man ziehe vom Endpunkt B der großen Achse einen beliebigen Strahl B E, verbinde A mit C, ziehe E G ∥ A B, mache O D = O C, ziehe D G, so giebt der Schnittpunkt F der verlängerten B E mit der verlängerten D G einen Punkt der Ellipse.[1])

Fig. 486.



Bietet somit das Aufreißen der Ellipsen keine besonderen Schwierigkeiten, so zeigen sie doch einen Übelstand, der bei der Bauausführung hindernd in den Weg tritt. Es sollen nämlich bei allen Gewölbe- und Bogenkonstruktionen die Lagerfugen normal auf den zugehörigen Bogenelementen stehen. Diese Bedingung wird bei dem Kreisbogen, bei dem die Normalen nach dem Mittelpunkte gerichtet sind, leicht erfüllt, wogegen bei der Ellipse jede Normale eine andere Richtung erhält, indem sie den Winkel halbiert, den die beiden nach den Brennpunkten gerichteten Linien zwischen sich einschließen, Fig. 481.

Um die Fugenrichtung in derselben einfachen Weise wie beim Kreisbogen bestimmen zu können, was ins-

1) Deutsche Bauzeitung 1899, S. 307.

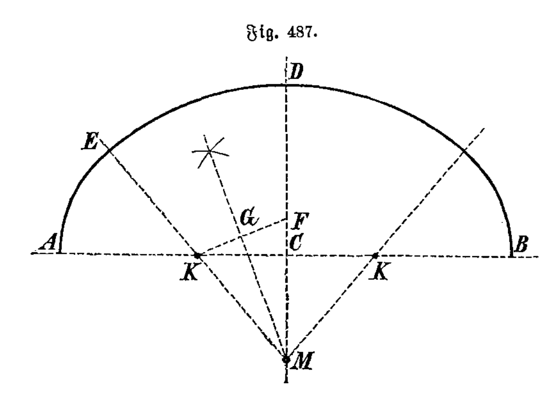
besondere bei Ausführungen in Werksteinen wichtig ist, wendet man vorwiegend solche Bogenlinien an, die sich der Gestalt der Ellipse nähern, die aber aus einzelnen, **stetig** ineinander übergehenden **Kreisstücken** zusammengesetzt sind. Solche Linien sind

H. **Die Korblinien oder Korbbogen.**[1] Bei diesen ist die Aufgabe zu lösen, eine Reihe stetig ineinander übergehender Kreisstücke so zu bestimmen, daß die sich ergebende Bogenlinie in den Kämpferpunkten je eine lotrechte und im Scheitelpunkte eine wagerechte Tangente besitzt. Bei gleich hoher Lage der gegenüberliegenden Kämpferpunkte liegen die Mittelpunkte für die an das Widerlager anschließenden Segmente somit auf der wagerechten, der Mittelpunkt für die den Scheitel bildende Kreislinie dagegen auf der lotrechten Achse, so daß die Zahl der den Bogen bildenden Segmente stets eine ungerade, 3, 5, 7, . . . ist. Für die praktische Ausführung der Korblinien genügen 3, höchstens 5 Mittelpunkte, und wir wollen kurz die gebräuchlichsten Konstruktionen zusammenstellen.

a) **Korblinien aus 3 Mittelpunkten.**

1. Gegeben, Fig. 487, die Spannweite A B und die Pfeilhöhe C D. Man schneide eine beliebige Strecke D F auf D C ab, mache A K = D F, ziehe K F und halbiere diese lotrecht in G, so sind K und M die Mittelpunkte für die Bogenstücke A E und E D.

Fig. 487.



Je nach der Länge des Abschnittes D F, d. h. je nach der Länge des zuerst gewählten kleinen Krümmungshalbmessers A K, werden sich bei derselben Spannweite und Pfeilhöhe mehr oder weniger stark ausgebauchte Korbbogenlinien ergeben, so daß eine gewisse Freiheit in der Linienführung möglich ist.

2. Gegeben, Fig. 488, A B und C D, und angenommen der große Halbmesser D M. Man mache A F = D M und halbiere M F lotrecht, so ist K Mittelpunkt für das Bogenstück A E und M Mittelpunkt für das Bogenstück E D.

3. Gegeben, Fig. 489, A B und C D; man ziehe die Widerlagertangente A E und die Scheiteltangente D E, halbiere die Winkel A D E und E A D, und ziehe durch den Durchschnittspunkt H der Halbierungslinien H M senkrecht zu A D, so ist K Mittelpunkt für Segment A H und M Mittelpunkt für Segment H D.

Fig. 488.

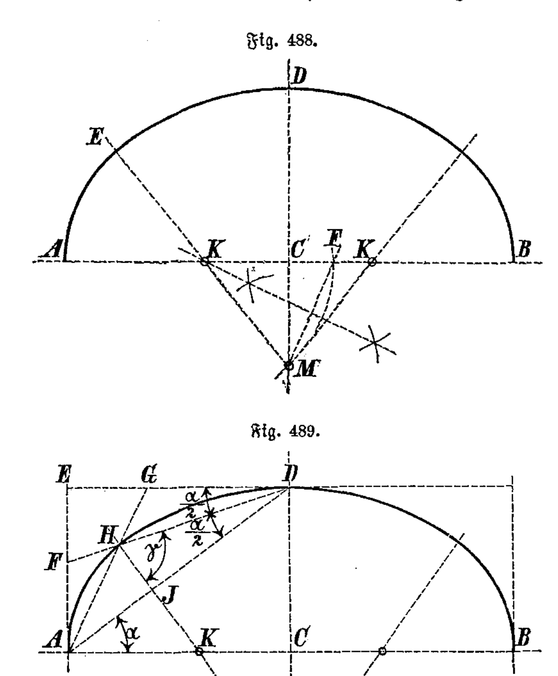


Fig. 489.

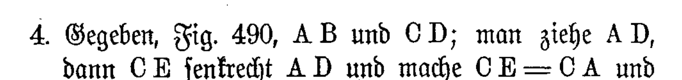
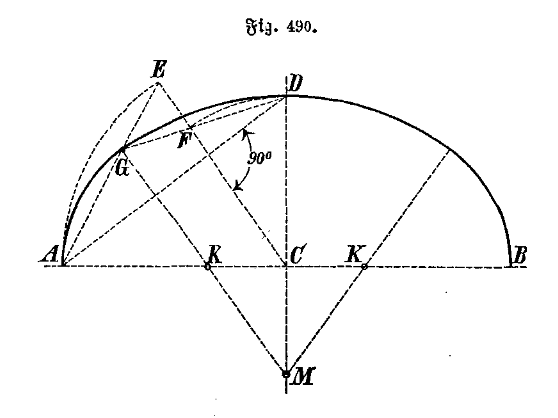

4. Gegeben, Fig. 490, A B und C D; man ziehe A D, dann C E senkrecht A D und mache C E = C A und

Fig. 490.



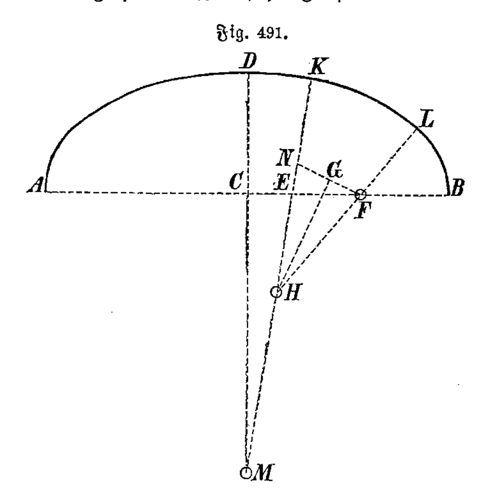
C F = C D, ziehe D F bis zum Schnitt G mit A E, ziehe G M ‖ E C, so sind wieder K und M die gesuchten Mittelpunkte.

1) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1891, S. 467, 479.

b) Korblinien aus 5 Mittelpunkten.

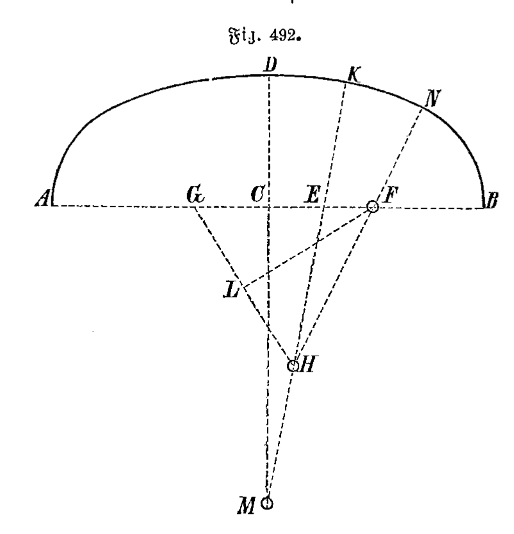
Um kleinere Unterschiede in den Halbmessern der aneinander anschließenden Kreissegmente und dadurch einen stetigeren Verlauf der Korbbogenlinie zu erhalten, zeichnet man diese auch aus 5 Mittelpunkten, was sich besonders bei sehr gedrückten Bogen empfiehlt, bei denen die Pfeilhöhe unter $^1/_3$ der Spannweite sinkt, weil dann der Unterschied in der Länge der Krümmungshalbmesser sehr groß wird.

Fig. 491.



1. Gegeben, Fig. 491, A B und C D; auf C B nehme man beliebig die beiden Punkte E und F an, jedoch so, daß B F < D C, ziehe M K durch E, nachdem man D M = A B als größten Halbmesser angenommen hat. Man ziehe nun aus M den Bogen D K, mache K N = B F und halbiere N F normal, so sind H und F die beiden anderen Mittelpunkte.

Fig. 492.

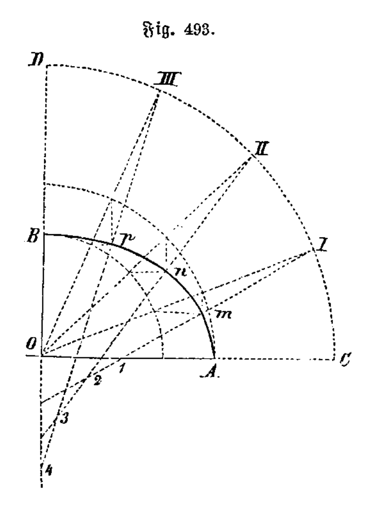


2. Es sei, Fig. 492, wieder D M = A B; man nehme E beliebig, ziehe K M durch E, zeichne aus M den Bogen D K, nehme auf E M den Punkt H willkürlich an, doch so, daß K H > B E, mache B G = K H, ziehe G H, und bestimme den Punkt F durch die auf der Mitte von G H errichtete Lotrechte L F; zieht man nun H N durch F, so sind in H und F die beiden anderen Mittelpunkte gefunden.

c) Korblinien aus beliebig vielen Mittelpunkten.

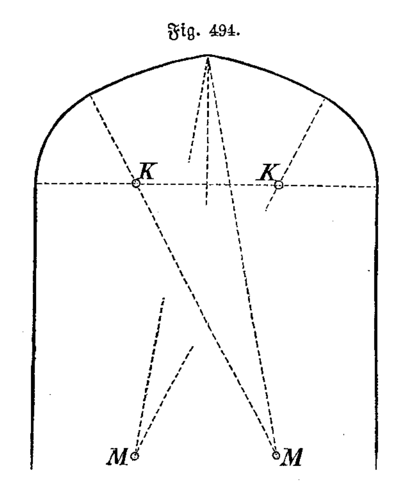
Um eine der Ellipse sehr nahe kommende Korblinie zu zeichnen, kann man sich der folgenden Methode bedienen. Ist in O A, Fig. 493, die halbe

Fig. 493.



Spannweite und in O B die Pfeilhöhe gegeben, so zeichne man mit O A und O B zwei Viertelkreise und einen dritten mit einem Halbmesser O C = B O + A O. Zieht man nun die beliebigen Strahlen O I, O II, O III, bestimmt nach der in Fig. 484 gegebenen Weise

Fig. 494.



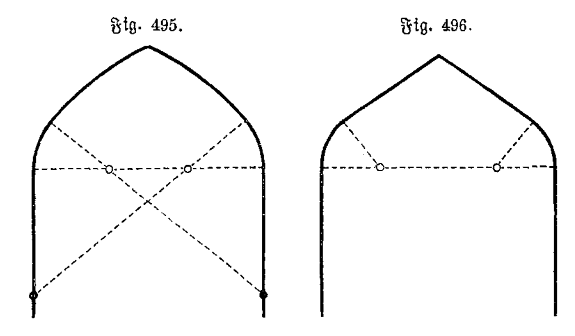
die Ellipsenpunkte m, n, p u. s. w. und zieht die Linien III p, II n, I m . . ., so sind dies die Normalen der Ellipse in den Punkten m, n, p, auf denen daher die Krümmungsmittelpunkte der zugehörigen Ellipsenelemente liegen; die Durchschnittspunkte 1, 2, 3, 4 je zweier aufeinander folgenden Normalen geben die

Mittelpunkte der stetig ineinander übergehenden Kreisbogen B p, p n, n m, m A. Durch Vermehrung der Mittelpunkte kann die Korblinie der Ellipse beliebig nahe gebracht werden.

I. Der geschleifte Spitzbogen, Tudorbogen, aus der englischen Spätgotik, besteht aus 2 sich schneidenden Korbbogen nach Fig. 494 u. 495 mit 4 Mittelpunkten.

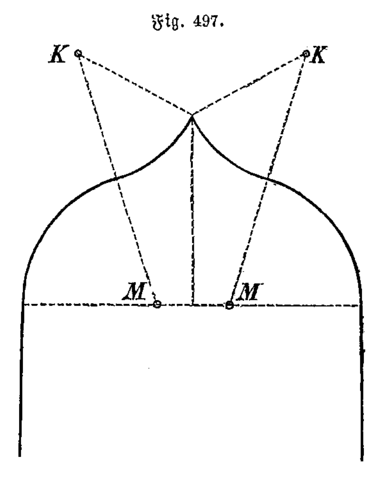
Bei Fenster- und Thürbogen findet sich auch die Form Fig. 496, bei der die obern Bogenstücke durch gerade Linien ersetzt sind.

Fig. 495. Fig. 496.



K. Der geschweifte Spitzbogen, Kielbogen oder Eselsrücken, aus der Verfallzeit der Gotik, besteht aus 4 Kreisstücken nach Fig. 497; er ist unkonstruktiv und findet sich nur bei Bogen und nicht bei Gewölben.

Fig. 497.

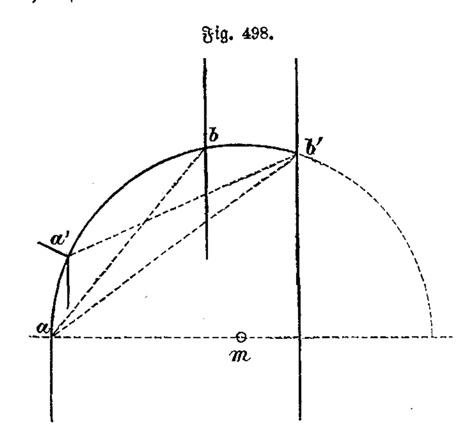


L. Die einhüftigen Bogenlinien. Um die Bogenlinien für einhüftige Bogen, d. h. für solche, bei denen die zusammengehörigen Kämpferpunkte nicht in einer Ebene liegen, zu zeichnen, hat man im allgemeinen die Aufgabe zu lösen, eine stetige Kurve so zu zeichnen, daß sie durch 2 oder 3 gegebene Punkte geht, für die in der Regel auch die Richtungen der Tangenten gegeben sind. Zwei der gegebenen Punkte sind immer die Kämpferpunkte; ist noch ein dritter gegeben, so ist es der Scheitelpunkt des Bogens.

Als Bogenlinien werden verwendet:

a) Der Stichbogen, Fig. 498, als Teil eines Halbkreisbogens, also Segment a b, oder a b′, oder a′ b′, in welchem Fall keine der beiden Widerlagertangenten lotrecht ist.

Fig. 498.

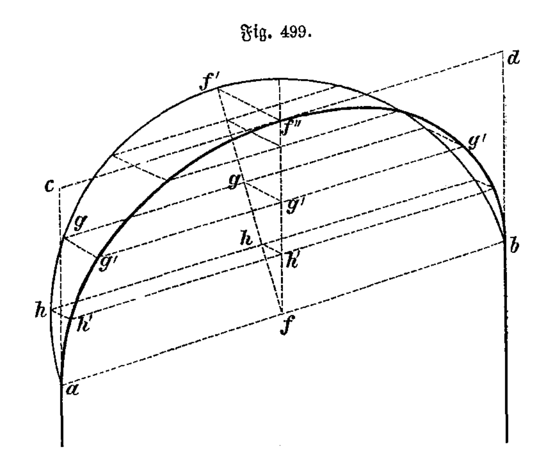


b) Die Ellipse. Gegeben, Fig. 499, die beiden Kämpferpunkte a und b mit lotrechten Tangenten und die Scheiteltangente c d ∥ a b.

Eine einfache Verzeichnung ergiebt sich mit Hilfe der Vergatterung:

Man schlage über a b einen Halbkreis, ziehe f f′ lotrecht a b und teile f f′ beliebig. Durch diese Teilpunkte ziehe man die Parallelen g g, h h u. s. w., teile die Lotrechte f f″ durch Parallele zu f′ f″ proportional, ziehe durch die erhaltenen Teilpunkte Parallele zu a b und mache sie gleich lang mit den durch die zugehörigen

Fig. 499.

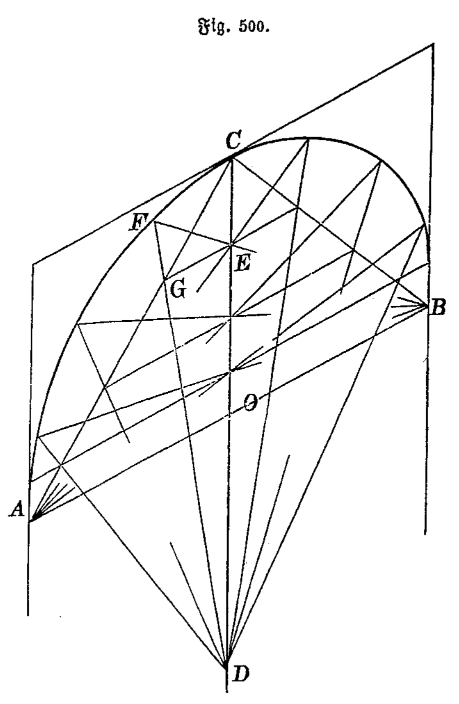


Teilpunkte auf f f′ gelegten Parallelen, so ergeben die Endpunkte, stetig verbunden, die verlangte Bogenlinie.

Noch einfacher gestaltet sich die Verzeichnung nach der in Fig. 486 bereits angegebenen Konstruktionsmethode, die sich besonders für die steigenden elliptischen Bogenlinien verwenden läßt. Man mache wieder O D = O C, ziehe A C und den beliebigen Strahl

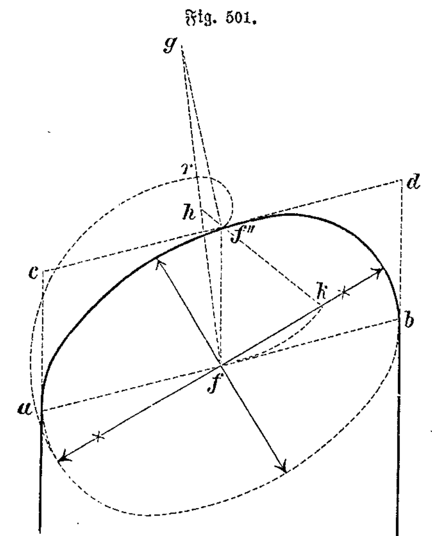
B E, E G || A B, so ergiebt der Schnitt F von D G mit B E einen Punkt F der Ellipse, Fig. 500.

Fig. 500.



Soll die Ellipse mit einer in den Brennpunkten befestigten Schnur aufgezeichnet werden (s. Fig. 480), oder sollen die Normalen in verschiedenen Punkten der Ellipse gezeichnet werden, so wird es nötig, zuvor die Lage und Größe der beiden Ellipsenachsen zu bestimmen, was in folgender Weise geschehen kann, Fig. 501.

Fig. 501.

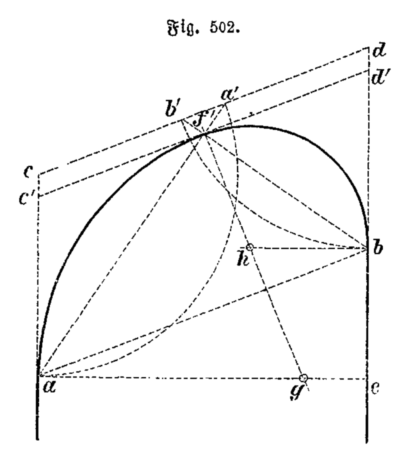


Man ziehe f'g senkrecht c d und mache sie gleich a f = f b = $\frac{1}{2}$a b, ziehe g f und halbiere diese Linie in h, ziehe h f'' und mache h k = h f, so giebt die durch f und k gelegte Linie die Richtung der großen Achse, auf der die kleine senkrecht steht. Macht man nun ferner h r = h f', so giebt f r die halbe Länge der großen und f' k die halbe Länge der kleinen Achse, wonach die Ellipse aus den Brennpunkten gezeichnet werden kann.

c) Korbbogenlinien. Diese Korblinien können aus 2, 3 und mehr Mittelpunkten geschlagen werden; es giebt eine große Anzahl von Konstruktionen, von denen sich aber nur wenige für die Praxis (d. h. zum Aufreißen in natürlicher Größe) eignen, und wir beschränken uns deshalb auf wenige einfache Beispiele.

1. Gegeben, Fig. 502, die beiden Kämpferpunkte a und b mit ihren lotrechten Tangenten, und die Scheitellinie

Fig. 502.



c d der Richtung nach, parallel a b (nicht aber ihre Entfernung von a b). Man mache c a' = c a, und d b' = d b und ziehe die Geraden a a' und b b'. Der Schnittpunkt f' dieser Linien giebt den Scheitelpunkt des Bogens. Durch diesen ziehe man die Senkrechte auf c d und schneide sie mit den Horizontalen durch a und b, so sind g und h die gesuchten Mittelpunkte für die stetig ineinandergehenden Bogen a f' und f' b, und c' d' die Scheiteltangente.

2. Gegeben, Fig. 503, die Kämpferpunkte a und b mit ihren lotrechten Tangenten, und eine beliebige Tangente c d.

Man mache c e = c a, ziehe e m senkrecht c d und schlage den Kreis a e f l aus dem Mittelpunkte m: man ziehe ferner b l senkrecht auf m b, mache h g = g f, schlage den Kreis g k aus dem Mittelpunkte h, mache g k = b l, ziehe durch k die Lotrechte bis zum Schnittpunkte n mit der Horizontalen durch b, so giebt n den Mittelpunkt für den Bogen b p, der in p normal in den aus m gezogenen Kreis a p übergeht.

3. Gegeben, Fig. 504, wieder die Kämpferpunkte a und b mit ihren lotrechten Tangenten und die Scheitellinie c d || a b.

Man mache c f = a c, ziehe f g senkrecht c d, so ist g Mittelpunkt für den Bogen a f. Man ziehe durch b eine Horizontale und nehme auf der kürzeren der

Fig. 503.

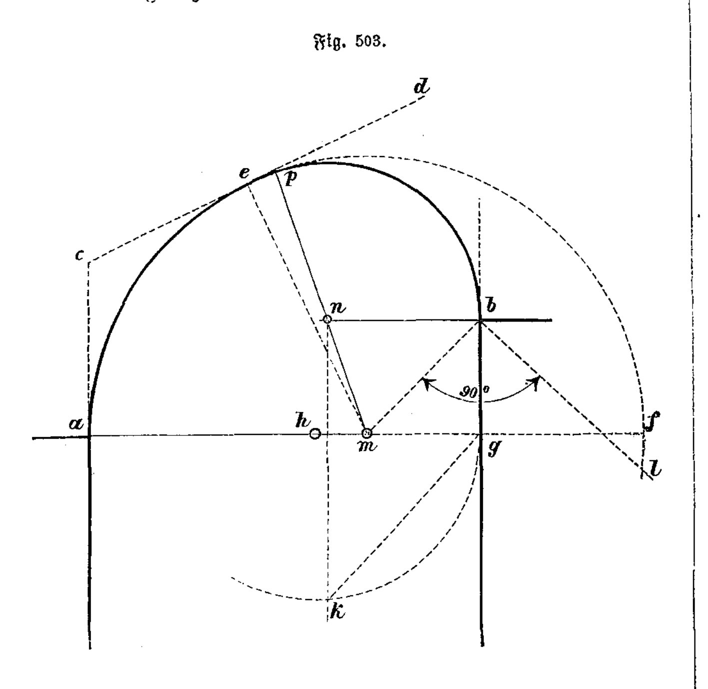
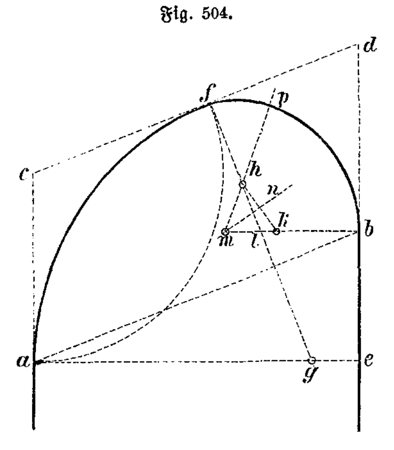


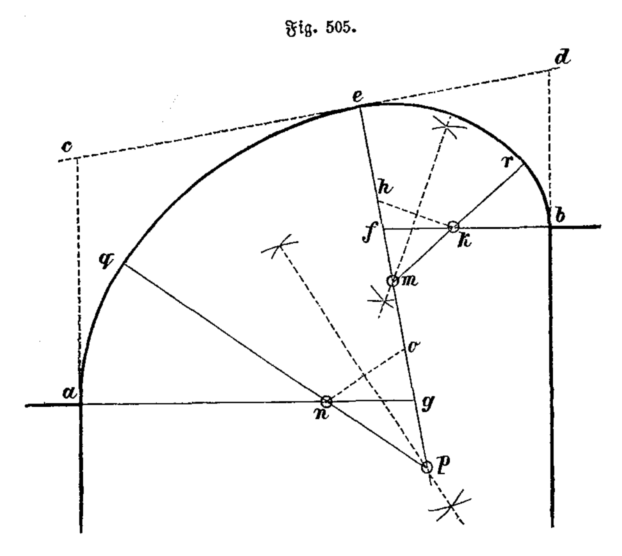
Fig. 504.



Strecken b l oder f l, das ist in unserer Zeichnung auf b l einen beliebigen Punkt k, mache f h = b k, halbiere h k normal bis zum Schnittpunkte mit m, und ziehe m h, so ist h Mittelpunkt für den Bogen f p und m Mittelpunkt für den Bogen p b.

4. Gegeben, Fig. 505, die Kämpferpunkte a und b mit ihren lotrechten Tangenten und der Scheitelpunkt e mit der beliebig gerichteten Tangente c d. Man errichte in den 3 gegebenen Punkten a, e und b die Normalen auf die Tangenten und bringe je die zwei aufeinander folgenden in g und f zum Schnitt. Man schneide nun im Dreieck a g e auf der kürzeren dieser beiden Seiten, d. i. in der gegebenen Figur auf der Strecke e g die beliebige Länge e o ab, mache a n = e o, und ziehe die normale Halbierungslinie auf n o, so ergeben sich die Punkte n und p als Mittelpunkte für die Bogenstücke a q und q e. In derselben Weise verfahre man im Dreieck b f e; man

Fig. 505.



nehme auf der kürzeren Strecke e h beliebig, mache b k = e h, so liefert die normale Halbierungslinie auf h k die Mittelpunkte m und k für die Bogenstücke e r und r b, die sämtlich stetig ineinander übergehen.

§ 3.

Material.

Im allgemeinen wird man möglichst leichtes Material zur Konstruktion der Gewölbe zu verwenden suchen, indem dadurch die Pressungen auf die Widerlager möglichst gering werden, somit diese schwächer angelegt werden können als bei Verwendung von schweren Steinen. Da jedoch die Widerstandsfähigkeit des Materials von seiner Dichtigkeit und diese von seinem Gewichte abhängt, so wird man wohl zu unterscheiden haben, ob es zu Gewölben benutzt werden soll, welche nur ihr eigenes Gewicht zu tragen erhalten, oder ob sie außerdem noch stark belastet werden sollen. Zur Herstellung stark belasteter Gewölbe, wie Brückengewölbe, eignen sich besonders lagerhafte Bruchsteine oder besser Werksteine, oder in deren Ermangelung sorgfältig geformte und hart gebrannte Backsteine. Da man es im Hochbauwesen selten mit sehr stark belasteten Gewölben zu thun hat, und die weitgespannten Kirchengewölbe nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben, so werden allgemein Backsteine, volle und hohle, verwendet. Ferner werden Töpfe aus gebranntem Thon, Tuff-, Kork- und Mörtelsteine nicht ausgeschlossen.

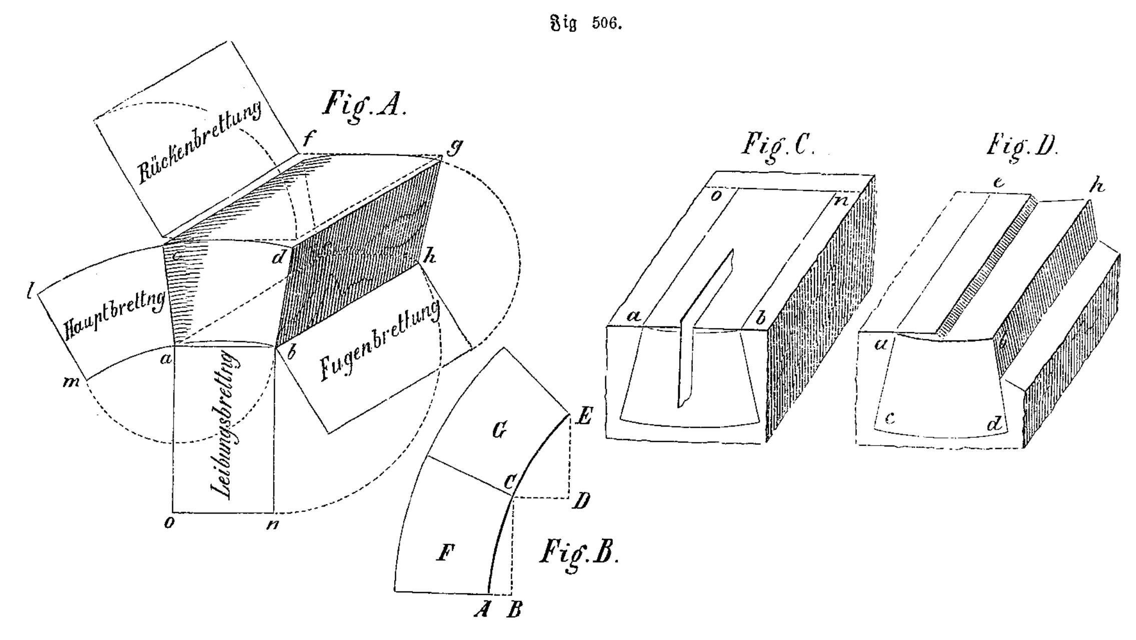
Was die Werksteine betrifft, so eignen sich solche besonders für Brückengewölbe, welche ganz oder teilweise daraus hergestellt werden. Dagegen kommen sie beim Hochbau nur bei gewissen Gattungen von Gewölben, Kreuzgewölben, Sterngewölben u. s. f. vor, bei welchen die Werksteine zu den das Netz des Gewölbes bildenden Teilen oder zu den Gurten Verwendung finden, und nur an Orten, wo die Steine in bruchfeuchtem Zustande sehr weich und leicht zu bearbeiten sind, finden wir vollständig aus Werksteinen gebildete Gewölbe.

Bei diesen aus Werksteinen erstellten Gewölben und Gurten hängt die Festigkeit und Tragfähigkeit außer von der Güte des Materials hauptsächlich von der richtigen Gestalt und der Lage der einzelnen Steine ab, während der in die Fugen eingebrachte Mörtel für die Verbindung der einzelnen Steine belanglos ist. Wie bei dem Hausteinmauerwerk dient auch bei den Hausteinbogen der Mörtel vornehmlich dazu, die Unebenheiten der aufeinander ruhenden Lagerflächen auszugleichen und den Druck gleichmäßig zu verteilen. Man hat daher auch von jeher einen großen Wert auf die Ausmittelung der richtigen Gestalt der Gewölbesteine gelegt, und die hierher gehörigen Lehren in eine eigene Disziplin der Baukunst gebracht, die man unter dem Namen der Lehre vom Steinschnitt zusammengefaßt hat.

Da die Kreislinie von allen Kurven die einzige ist, die in allen Teilen gleiche Krümmung hat, und alle Normalen auf dieselbe in dem zugehörigen Mittelpunkte zusammenlaufen, so eignet sich diese Kurve auch ganz besonders für Bogen und Gewölbe, die aus Werksteinen hergestellt werden sollen, weil die für einen Stein gefundene Schablone zu allen übrigen benutzt werden kann. Diese Bequemlichkeit, die zugleich die Genauigkeit der Arbeit befördert, giebt der Kreislinie den Vorzug vor allen übrigen Kurven, wenn auch die Theorie andern eine größere Festigkeit beilegt. Bogen nach der Kettenlinie verlangen der Theorie nach schwächere Widerlager als kreisförmige Bogen von derselben Spannweite; doch wird die hierdurch zu bewirkende Ersparnis an Material mehr als aufgewogen durch die größeren Kosten, die die schwierige Bearbeitung der Gewölbsteine verursacht.

Aus diesem Grunde wendet man auch bei gedrücktem Bogen die Ellipse nicht an, sondern begnügt sich mit einer dieser möglichst nahegebrachten Korblinie.

Fig 506.



Um einen Bogenstein richtig bearbeiten zu können, müssen die nötigen Projektionen in natürlichem Maßstabe gezeichnet werden. Wie dies für die mancherlei Fälle, die bei der Gestalt der Bogen vorkommen können, geschieht, zeigt die Lehre vom Steinschnitt, auf welche wir verweisen.

Die Bearbeitung selbst geschieht am bequemsten mit Hilfe der sogenannten Brettungen. Es sind dies die Projektionen der zu bearbeitenden Seiten des Steines auf Ebenen von gegebener Lage, die oft mit diesen Seiten selbst parallel sind. So ist z. B. abon Fig. 506 A, die Brettung für die Leibung des Steines, eine Ebene, während die Leibung selbst der Teil eines Cylindermantels ist. Die Brettungen nehmen den Namen der Seiten an, zu deren Bearbeitung sie gebraucht werden und bestehen aus Pappdeckel, dünnen Brettern oder Blech. In Fig. 506 A sind die verschiedenen Brettungen angegeben und mit ihren Namen bezeichnet.

Aus der symmetrischen Gestalt des dargestellten Steines folgt leicht, daß zu seiner Bearbeitung nicht alle ver-

schiedenen Brettungen nötig sind, sondern daß man mit der Haupt- und Leibungsbrettung ausreicht, wenn man das Winkeleisen bei der Arbeit zu Hilfe nimmt. Um die Bearbeitung eines solchen Steines an einem Beispiele anzudeuten, wollen wir annehmen, der in Fig. 506 A gezeichnete, zu einem kreisförmigen Bogen gehörige Stein a b c d e f g solle dargestellt werden.

Nachdem ein Stein von der nötigen Größe und Gestalt ausgesucht worden, der im allgemeinen eine parallelepipedische Gestalt hat und etwas länger als b h, breiter als c d und höher als a c ist, so bestimmt man eine der Seitenflächen für die Leibungsfläche und bearbeitet diese zu einer Ebene. In Fig. 506 C möge die obere Fläche diese darstellen. Darauf wird eine zweite, für eins der Häupter bestimmte Fläche ebenfalls eben bearbeitet, und zwar so, daß sie auf der ersteren senkrecht steht und eine geradlinige Kante mit derselben bildet. Alsdann legt man die Leibungsbrettung a b o n, Fig. A, so auf die für die Leibung bestimmte Seitenfläche des Steines, daß die Linie a b genau mit der durch die beiden bearbeiteten Seitenflächen des Steines gebildeten Kante zusammenfällt, und umzieht die Kontur der Brettung mit Rotstein. Hierdurch ist die Länge des Steines mittels der Linie o n, Fig. 506 C bestimmt, und man bearbeitet nun das zweite, mit dem ersten parallele Haupt des Steines so, daß die Kante, welche diese Fläche mit der Leibungsfläche bildet, genau mit der Linie o n zusammenfällt. Jetzt legt man die Hauptbrettung a c l m, Fig. 506 A, so auf die für die Häupter bestimmten Seiten des Steines, daß die Punkte a und m der Brettung erst in die Linie a b und dann in die Linie o n, Fig. 506 C, fallen, und zeichnet die Form des Hauptes mittels der Brettung auf den Stein. Nun lassen sich, wie solches Fig. 506 D zeigt, die Fugenflächen bearbeiten, indem man die Linie b d und die mit ihr korrespondierenden auf dem anderen Haupte als Leitlinien ansieht, auf denen man sich eine andere Gerade, das Richtscheit, fortbewegen läßt. Soll auch (wie es übrigens selten geschieht) die obere Bogenfläche des Steines bearbeitet werden, so geben d c, Fig. 506 D, und die mit dieser Linie auf dem entgegengesetzten Haupte korrespondierende die Leitlinien für das Richtscheit. Zuletzt wird die Leibung auf ähnliche, in Fig. 506 D angedeutete Art bearbeitet und damit der Stein vollendet.

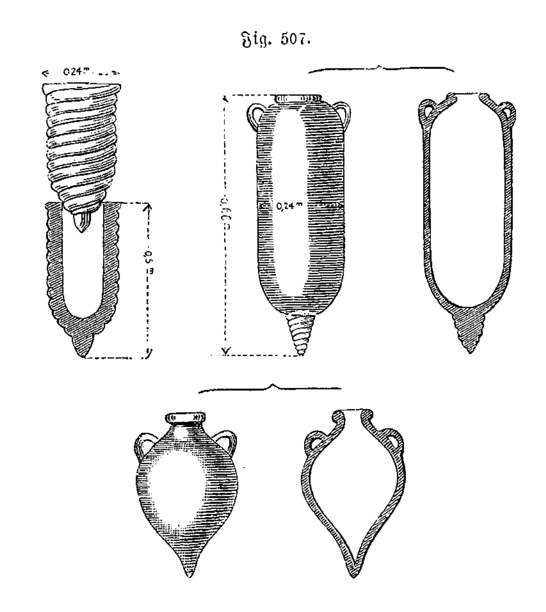
Aus Bruchsteinen werden fast ausschließlich nur Kellergewölbe, 30—45 cm stark, in Tonnengewölbform konstruiert, wozu man sich besonders lagerhafter oder geschichteter Steine bedient. Solche Gewölbe werden sehr widerstandsfähig und gewähren, da sie von herabstürzenden Balken nicht durchschlagen werden, feuersichere Kellerräume.

Für den Gewölbebau ist jedoch kein Material mehr geeignet als der Backstein, und dieser wird daher weitaus am meisten verwendet. In Bezug auf Festigkeit empfehlen sich insbesondere die gepreßten Steine, die den mehr porösen und lockeren, von Hand gestrichenen vorzuziehen sind. Dient der Backstein bloß als Füllmaterial zum Auswölben der Felder oder Kappen des Kreuzgewölbes, Sterngewölbes u. s. f. von nicht außergewöhnlicher Spannweite, so kann er dadurch leichter gemacht werden, daß man organische Stoffe, als Holzkohlenklein, Sägspäne, namentlich von Eichenholz, Spreu u. dergl. unter den Thon mengt, durch deren Ausbrennen kleine Höhlungen entstehen, die das Gewicht des Steines um $^1/_4$—$^1/_2$, je nach dem Zusatz verbrennlicher Stoffe, vermindern.

Zu empfehlen sind auch die **Hohlsteine**, die besonders für die Herstellung leichter Gewölbe sich sehr gut eignen. Die Größe und Anzahl der Höhlungen eines Steines und die davon abhängige Festigkeit muß sich begreiflicherweise nach dem Druck richten, dem der Stein ausgesetzt sein wird.

Gebrannte Steine mit einer Höhlung — Töpfe — haben schon die Römer zum Gewölbebau verwendet, Fig. 507.

Fig. 507.



In unserer Zeit werden solche Topfgewölbe nur selten ausgeführt und man verwendet dann einfache cylindrische Töpfe, von 7—10 mm Wandstärke, die unten und oben geschlossen sind und in der Seitenwandung ein kleines Loch erhalten, um der Luft beim Brennen der Töpfe einen Ausweg zu verschaffen.[1]

Für leichte Gewölbe, die nur sich selbst zu tragen haben und gegen äußere Einwirkungen geschützt sind, eignen sich auch die Schwemmsteine (Tuffsteine), sowie die sogenannten Korksteine, die außerordentlich leichte Gewölbe ergeben.

1) Über leichte nur 6 cm starke Gewölbe aus Hohlsteinen, s. Deutsche Bauzeitung 1881, S. 167.

Ferner kann in vielen Fällen mit Vorteil die Herstellung der Gewölbe mit Cementbeton oder in Cementeisenkonstruktionen erfolgen, und können nach diesen Konstruktionsweisen Gewölbe beliebiger Form und Spannweite von außerordentlich großer Tragfähigkeit ausgeführt werden.

Über die Gewölbetechnik der Römer, die die Gewölbe als „Gußgewölbe" — Beton aus Stein- und Mörtelmasse — herstellten, s. § 32.

A. Das Tonnen- und Kappengewölbe.

§ 4.

Allgemeine Form und Anordnung.

Das Tonnengewölbe, aus dem sich alle übrigen Gewölbe entwickeln lassen, ist die älteste Gewölbeform, da es bereits im frühesten Altertum in Babylon, Assyrien und Ägypten zur Ausführung kam.

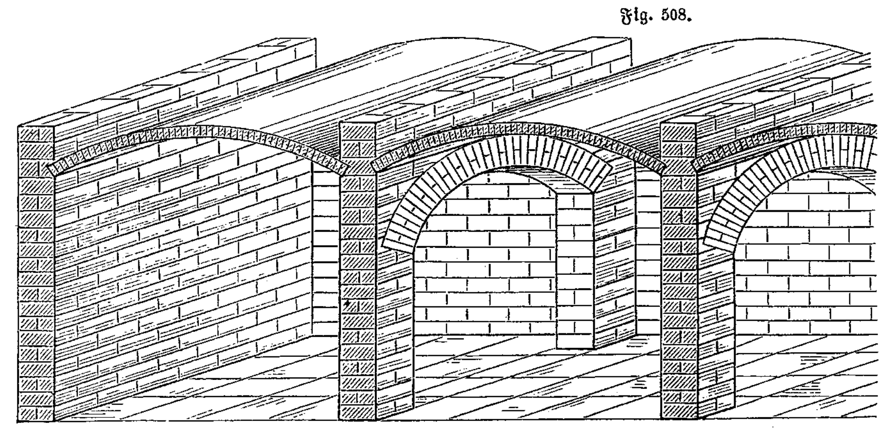
Das einfachste Tonnengewölbe entsteht, wenn sich ein halbkreisförmiges Ringstück in lotrechter Stellung auf zwei horizontalen und parallelen Leitlinien so fortbewegt, daß die erzeugende Halbkreislinie stets parallel zu sich selbst bleibt und deren Horizontalprojektion mit den Leitlinien einen rechten Winkel bildet. In dem so entstandenen Gewölbe bildet die Leibung die Mantelfläche eines halben geraden Cylinders, die Kämpfer- und Scheitellinien liegen horizontal und parallel zur Achse, die Bogenlinie ist in jedem zur Achse senkrechten Querschnitt ein Halbkreis von demselben Radius, und die Pfeilhöhe ist der halben Spannweite gleich. Ein solches Gewölbe heißt gerades halbkreisförmiges Tonnengewölbe, Fig. 470.

Statt der halbkreisförmigen Linie als Erzeugende kann auch jede andere Bogenlinie zur Verwendung kommen, und es entstehen danach elliptische Tonnengewölbe (flach oder gedrückt, wenn die halbe kleine Achse die Pfeilhöhe, überhöht, wenn die halbe große Achse die Pfeilhöhe bildet), spitzbogenförmige oder gotische Tonnengewölbe u. s. w.; beim Stichbogen als erzeugender Bogen bildet sich das Stichbogengewölbe, das, wenn es sehr flach ist, Kappengewölbe (preußische Kappe) genannt wird.

Diese Kappengewölbe sind wenig raumbeengend, da sie sich der ebenen Decke nähern; dadurch sind aber auch große Spannweiten ausgeschlossen. Größere Räume werden deshalb, Fig. 508, durch einen oder mehrere mit einer der Umfassungsmauern parallele Mauerbogen a b in zwei oder mehrere rechteckige kleinere Felder zerlegt, die mit den flachen Tonnenkappen überdeckt werden; die teilenden Gurtbogen dienen als Widerlager, weshalb ihre Scheitel wenigstens noch einige Centimeter unter der Kämpferlinie der Kappen liegen müssen.

Je größer der Halbmesser, um so flacher wird das Gewölbe, bis es bei unendlich großem Krümmungshalbmesser in das scheitrechte (scheitelrechte) Gewölbe übergeht, das somit eine ebene Decke bildet und eine Scheitelfläche besitzt, während das Tonnengewölbe nur eine Scheitellinie hat. Gewöhnlich kommt das scheitrechte Gewölbe nur als Mauerbogen vor, wo es dann auch Sturz (Fenstersturz, Thürsturz) genannt wird.

Fig. 508.



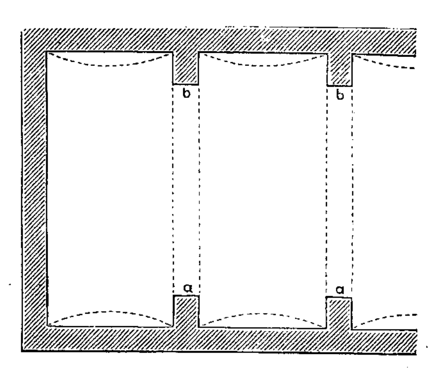
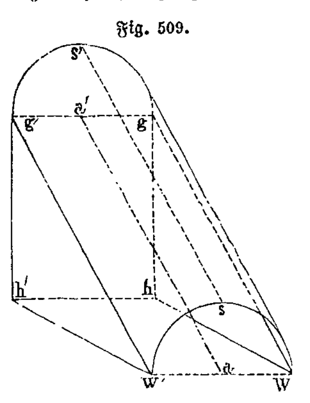


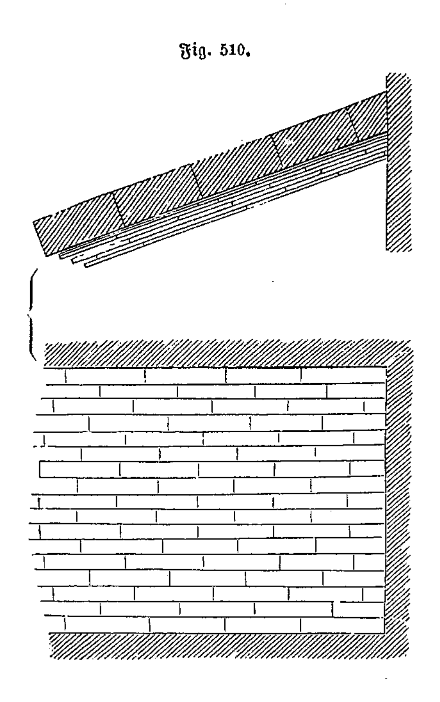
Fig. 509.



Die Leitlinien können auch steigen, Fig. 509 u. 510, wobei jedoch zwei zusammengehörige Kämpferpunkte in

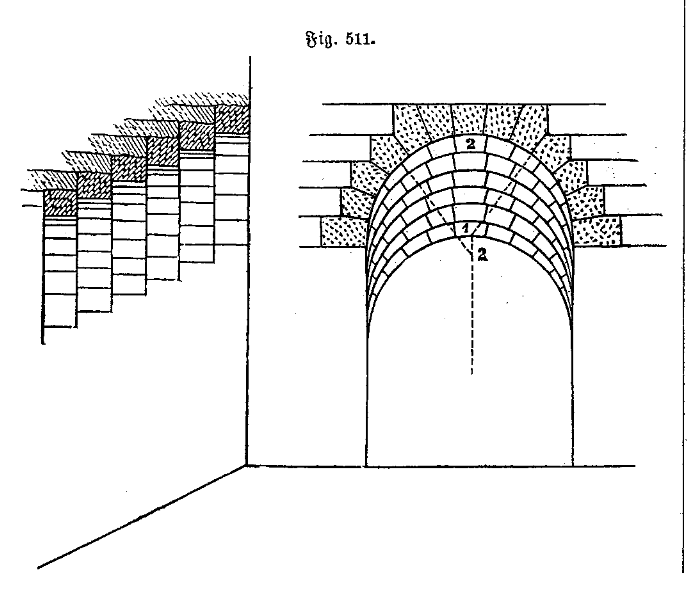
einer wagerechten Linie liegen; solche Gewölbe nennt man steigende, und zwar halbkreisförmig, elliptisch u. s. w., je nachdem ein lotrecht stehender Halbkreis, eine Ellipse u. s. w. zu Grunde gelegt wird. (Die Leibung eines „steigenden halbkreisförmigen Tonnengewölbes“ bildet somit die Mantelfläche eines elliptischen Cylinders, da ein Normalschnitt zur Steigungslinie eine Ellipse ergiebt.)

Fig. 510.



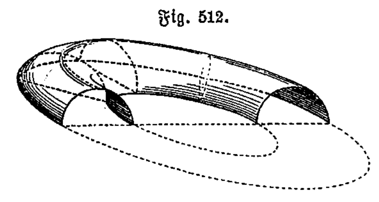
An Stelle der steigenden Gewölbe hat man auch, namentlich im Mittelalter, einzelne staffelförmig aneinandergereihte schmälere „Gurten“ oder „Zonen“ angeordnet, eine Konstruktionsweise, die sich vornehmlich für Ausführungen in Hausteinen eignet, Fig. 511.

Fig. 511.



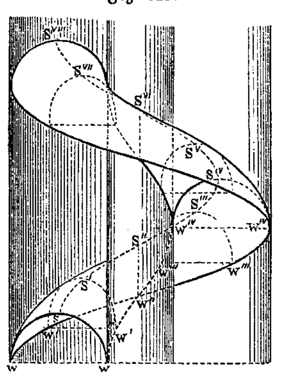
In ähnlicher Weise können auch Kurven als Leitlinien in Anwendung kommen. So geben zwei konzentrische horizontale Kreise für einen sich um den Mittelpunkt beider Kreise drehenden und lotrecht stehenden Halbkreis ein ringförmiges halbkreisförmiges Tonnengewölbe, (Ringgewölbe), Fig. 512 und Taf. 45, Fig. 1 links. Tritt

Fig. 512.



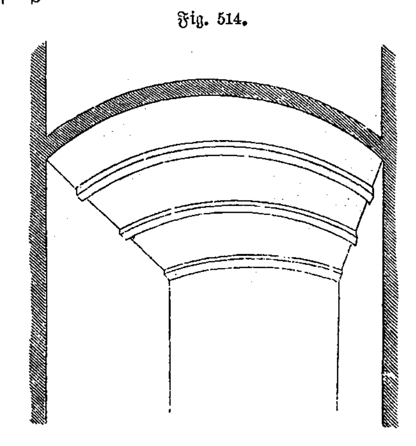
an Stelle der kreisförmigen Leitlinien ein Polygonzug, so entsteht das polygonale Tonnengewölbe, Taf. 45, Fig 1, rechts; zwei Schraubenlinien, bei denen zwei zusammengehörige Kämpferpunkte in derselben Höhe liegen, ergeben das schraubenförmig steigende Tonnengewölbe, Fig. 513.

Fig. 513.



Die Leibungen dieser verschieden gestalteten Tonnengewölbe können als glatte gekrümmte Fläche erscheinen, oder als eine geteilte, regelmäßig unterbrochene, je nachdem konstruktive oder formale Gründe, oder beide zusammen, ihren Einfluß ausüben.

Fig. 514.



Die einfachste Teilung ergiebt sich durch Querrippen, wie dies Fig. 514 schematisch zeigt, während in Fig. 515

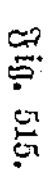
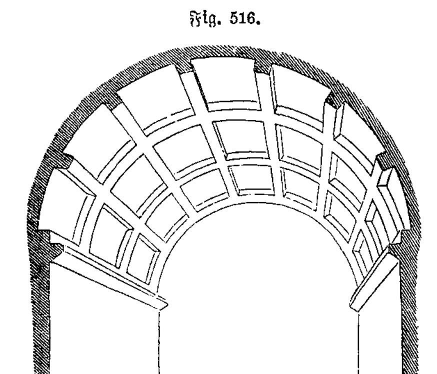


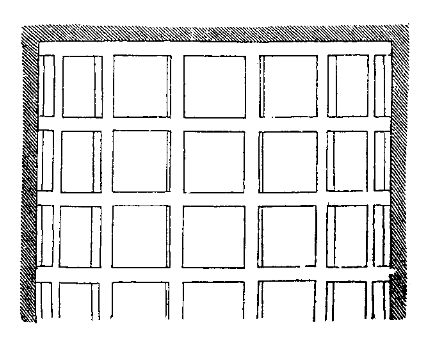
Fig. 515.

das in dieser Weise geteilte Mittelschiffgewölbe der von Ballu erbauten „Eglise de la Trinité“ in Paris dargestellt ist.[1])

Durch diese Anordnung, gleichviel, ob die Rippen nach unten oder nach oben vortreten, entsteht eine stellenweise Verstärkung des Gewölbes, so daß die Zwischenfelder schwächer angelegt werden können, ähnlich, wie dies bei Mauern mit Verstärkungspfeilern der Fall ist.

Fig. 516.





Werden die Querrippen durch längs laufende Rippen miteinander verbunden, wie dies in Fig. 516 schematisch dargestellt ist, so bilden sich vertiefte Felder, „Kassetten“, die die Leibungsfläche wirkungsvoll beleben und sich bereits bei den römischen Tonnengewölben finden.

Als Beispiel derartig gegliederter Tonnengewölbe geben wir in Fig. 517 eine reich kassettierte und stuckierte Decke aus der Residenz in Landshut, in den Jahren 1536 bis 1543 von den Italienern Antonelli & Sigismund Walch erbaut.[1])

Fig. 517.

1) Aus: Narjoux, Paris, Monuments etc., 3. Band 1883.

1) Nach Dohme: Geschichte der deutschen Baukunst, 1887, S. 333.

Bei der in Fig. 516 gezeichneten Anordnung tragen nur die bogenförmigen Querrippen, wogegen die geradlinigen, längs laufenden, nur belasten. Um sämtliche

Fig. 518.

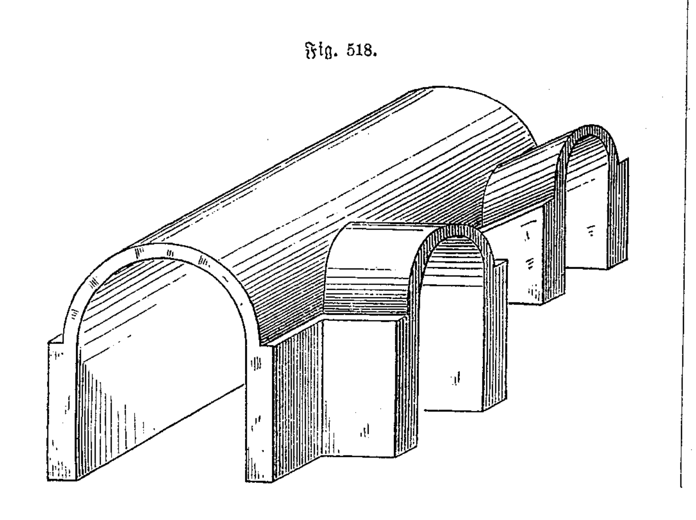


Fig. 519. Fig. 519a.

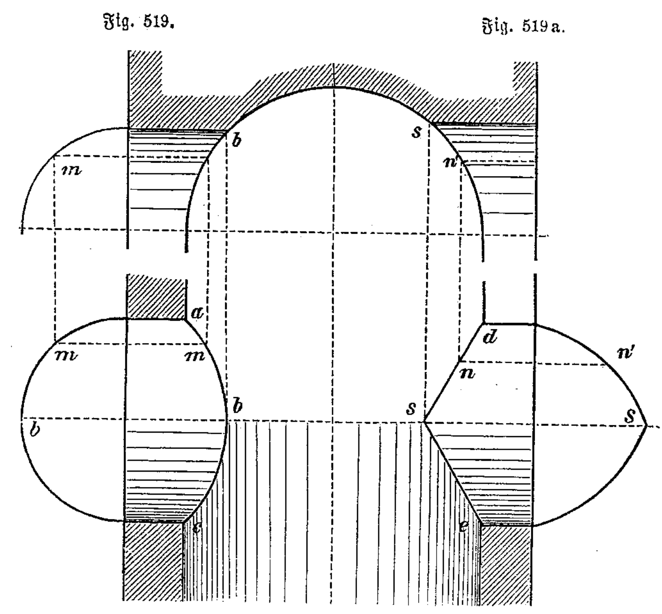
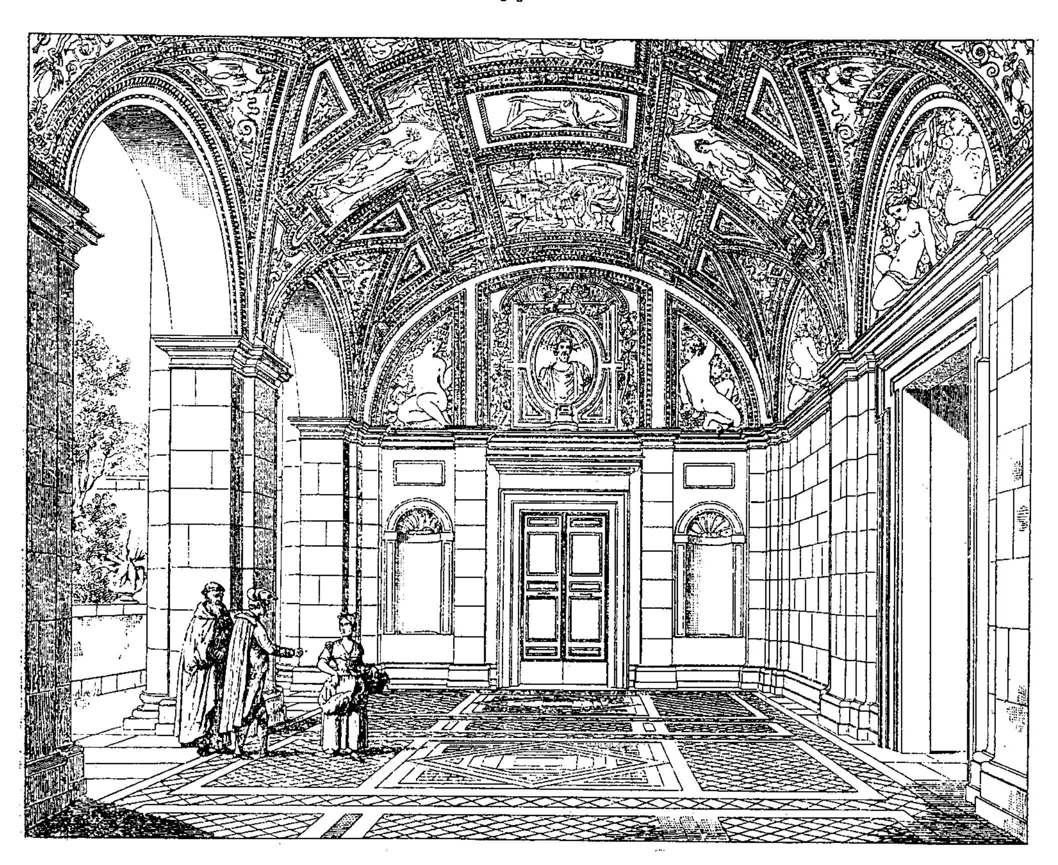


Fig. 520.



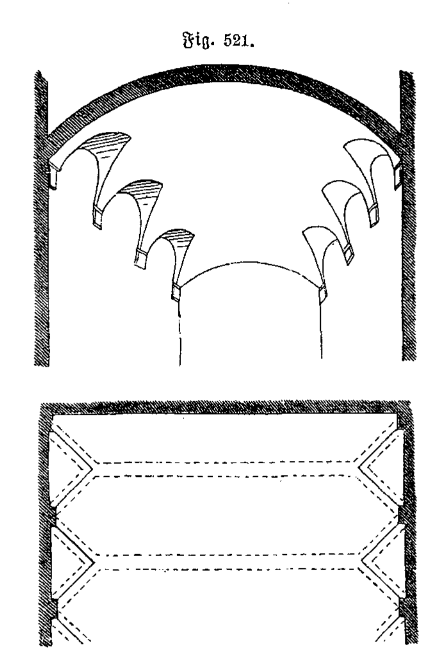
Rippen tragend zu machen, müssen die Ebenen, in denen sie liegen, mit der Gewölbeachse einen Winkel bilden, wie dies Fig. 843 zeigt; hier sitzen die sämtlichen ein Netz bildenden Rippen — daher Netzgewölbe genannt — auf dem Widerlager auf. In dieser Netzbildung der Rippen, die die tragenden Teile des Gewölbes bilden und deren Zwischenräume in verschiedener Weise ausgemauert oder ausgefüllt werden können, liegt der Unterschied zwischen dem gotischen und dem römischen Tonnengewölbe.

Zur Anlage der Thür- und Fensteröffnungen müssen häufig die Widerlagsmauern durchbrochen und überwölbt werden. Diese Öffnungen schneiden bei den meisten Anlagen wegen der beschränkten Konstruktionshöhe der Tonnengewölbe mehr oder weniger weit in das Gewölbe ein; in diesem muß deshalb ein entsprechender Ausschnitt gelassen werden, und es wird die Verbindung zwischen dem Gewölbe und dem Bogen durch ein besonderes kleines Gewölbe, die „Stichkappe“, hergestellt, Fig. 518 und 515.

Diese Stichkappen werden entweder in der Weise bestimmt, daß ihre Bogenlinie angenommen, und hieraus in der bekannten Weise die Durchdringungskurve a b c, Fig. 519,

ermittelt wird, oder es wird umgekehrt die Horizontalprojektion der Durchdringungskurve vorweg fest bestimmt und hiernach die Bogenlinie der einschneidenden Stichkappe ermittelt, Fig. 519 a. In der Regel wird die Horizontalprojektion der Durchdringungslinie nach geraden Linien s d und s e angenommen, die ein gleichschenkliges Dreieck einschließen, wie z. B. in Fig. 515.

Fig. 521.



Als Leibungsflächen der Stichkappen können Cylinder- und Kegelflächen mit horizontalen und mit steigenden Achsen und Kugelflächen verwendet werden.

Die Anlage richtig gestalteter Stichkappen giebt aber zugleich ein Mittel, den Eindruck der Schwere und des Ernstes, den die Tonnengewölbe machen, zu mildern und ihre dekorative Wirkung außerordentlich zu steigern. Die Prachträume der italienischen Renaissancebauten legen hierfür beredtes Zeugnis ab. Wir geben als kleines, aber reizendes Beispiel die Loggia des Palazzo di Firenze in Rom von Vignola, Fig. 520, welche zugleich zeigt, wie die einschneidenden Schilde bei der dekorativen Behandlung zu verwerten sind.[1])

Aber auch in statischer Beziehung bietet die Anordnung von Stichkappen große Vorteile, da es durch sie möglich wird, die für die Tonnengewölbe sonst notwendigen durchlaufenden Widerlagsmauern durch einzelne Pfeiler zu ersetzen, d. h. das Gewölbe zu einem offenen zu gestalten, Fig. 520, oder bei zu schwachen Widerlagsmauern den Druck auf einzelne Punkte zu konzentrieren und diese dann durch entsprechende Verankerungen zu sichern. Die Anordnung ist schematisch in Fig. 521 dargestellt.

Diese Schilde oder Stichkappen können eine horizontale oder schöner und widerstandsfähiger eine steigende Scheitellinie haben. Die letztere Form ergiebt sich meist durch Annahme der geradlinigen Gräte im Grundriß, die unter sich gewöhnlich einen rechten Winkel bilden. Da sich die Pressungen des Gewölbes durch die Gräte den Widerlagern mitteilen, so sucht man sie durch aufwärts springende Rippen zu verstärken, worauf man immer zwei einander gegenüberliegende durch eine Querrippe verspannt, wie dies die punktierten Linien im Grundriß, Fig. 521, zeigen.

§ 5.

Herstellung der Widerlager.

Zur Ausführung der Gewölbe und Bogen muß zunächst das Widerlager gebildet werden, d. h. die oberen Endigungsflächen der als Widerlager bestimmten Mauern. Diese sind als die ersten Lagerfugen des Bogens anzusehen und sollen normal auf dem zugehörigen Bogenelement stehen. Bogen nach dem Halbkreise, der halben Ellipse, dem Spitzbogen und nach der Korblinie erhalten daher horizontal abgeglichene Widerlager, Taf. 42, Fig. 13 u. 14, während Gewölbe nach flachen Bogenlinien schräg gestellte Widerlager erhalten, Taf. 42, Fig. 12. Bestehen die Widerlagsmauern aus Backsteinen, so müssen diese Steine längs der Widerlagslinie a b, Taf. 42, Fig. 12, schräg abgehauen werden; hat man aber Hausteine als Material der Widerlager, wie dies vornehmlich bei Fenster- und Thürbogen der Fall ist, so kann man sie wie bei c d, Taf. 42, Fig. 12, bearbeiten, um die spitzwinkligen Kanten zu vermeiden.

Wird das Widerlager bei den mit senkrechter Tangente aufsteigenden Gewölbelinien in der angegebenen Weise ausgeführt, Fig. 522, so tritt eine wesentliche Verschwächung der Widerlagsmauer ein, die Standfläche f f der aufgehenden Mauer wird mehr oder weniger schmal und kann bei gemeinschaftlichen Widerlagsmauern, Fig. 524, ganz verschwinden; die Ausführung der Gewölbe würde deshalb vor dem Aufbau der Mauern notwendig werden, während man damit gerne bis nach dem Aufschlagen des Daches zuwartet, um die Gewölbe nicht den Witterungseinflüssen preiszugeben und sie vor Beschädigungen während der Bauausführung zu bewahren.

Um die Schwächung der Widerlager zu vermeiden und die spätere Ausführung der Gewölbe zu ermöglichen, führt man Vormauerungen, Vorkragungen, aus, Fig. 523 u. 525, oder es werden entsprechend bearbeitete

1) Letarouilly, Bl. 319.

Werksteine eingelegt, wie sich dies häufig bei Bogen über Fenster- und Thüröffnungen findet, Fig. 526 u. 527. Bei architektonisch durchgebildeten Anlagen kann die Vormauerung in Form eines Haustein-, Backstein- oder Terrakotten-Gesimses, Fig. 528, ausgeführt werden.

Bei $^1/_2$ Stein starken Stichbogengewölben wird die Vormauerung am besten mit einer Rollschicht hergestellt, Fig. 529; soweit sich jedoch die Gewölbe zwischen Gurtbogen einspannen, können die Widerlager nicht vorgemauert, sondern müssen in die Gurtbogen eingehauen werden, Fig. 530. Durch die Vormauerung wird der Mauerquerschnitt vergrößert, das Widerlager verstärkt und die spätere Ausführung des Gewölbes nach dem Eindecken des Gebäudes möglich. Außerdem wird in statischer Beziehung der Vorteil erreicht, daß sich die Spannweite und dadurch der Schub des Gewölbes verringern, und daß dem Bestreben des untern Gewölbeschenkels bei den Gewölben mit senkrechter Widerlagertangente, sich rückwärts zu drehen, vorgebeugt wird. Das Nähere hierüber im statischen Teile, § 11.

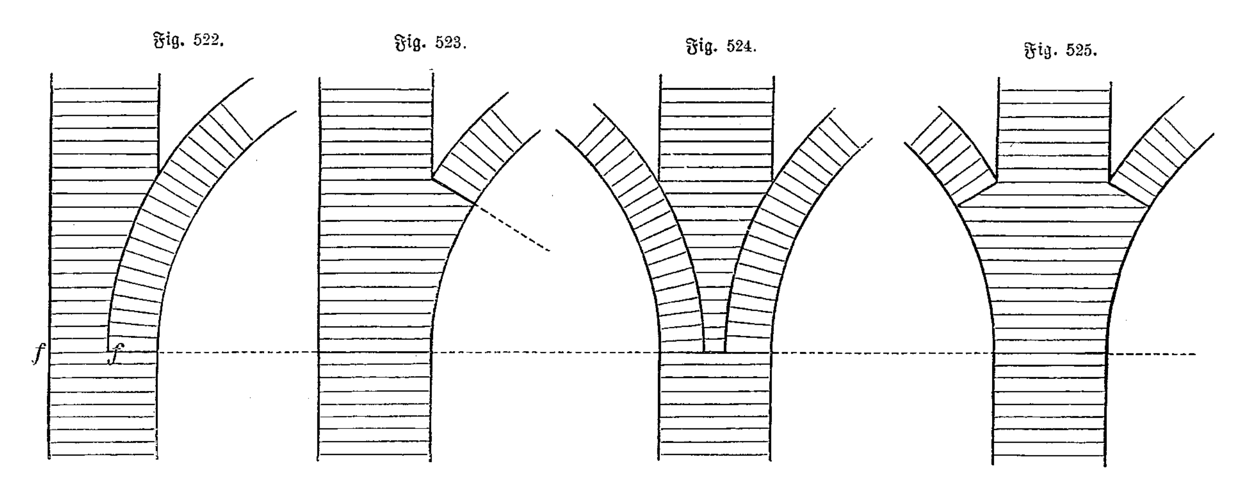


Fig. 522. Fig. 523. Fig. 524. Fig. 525.

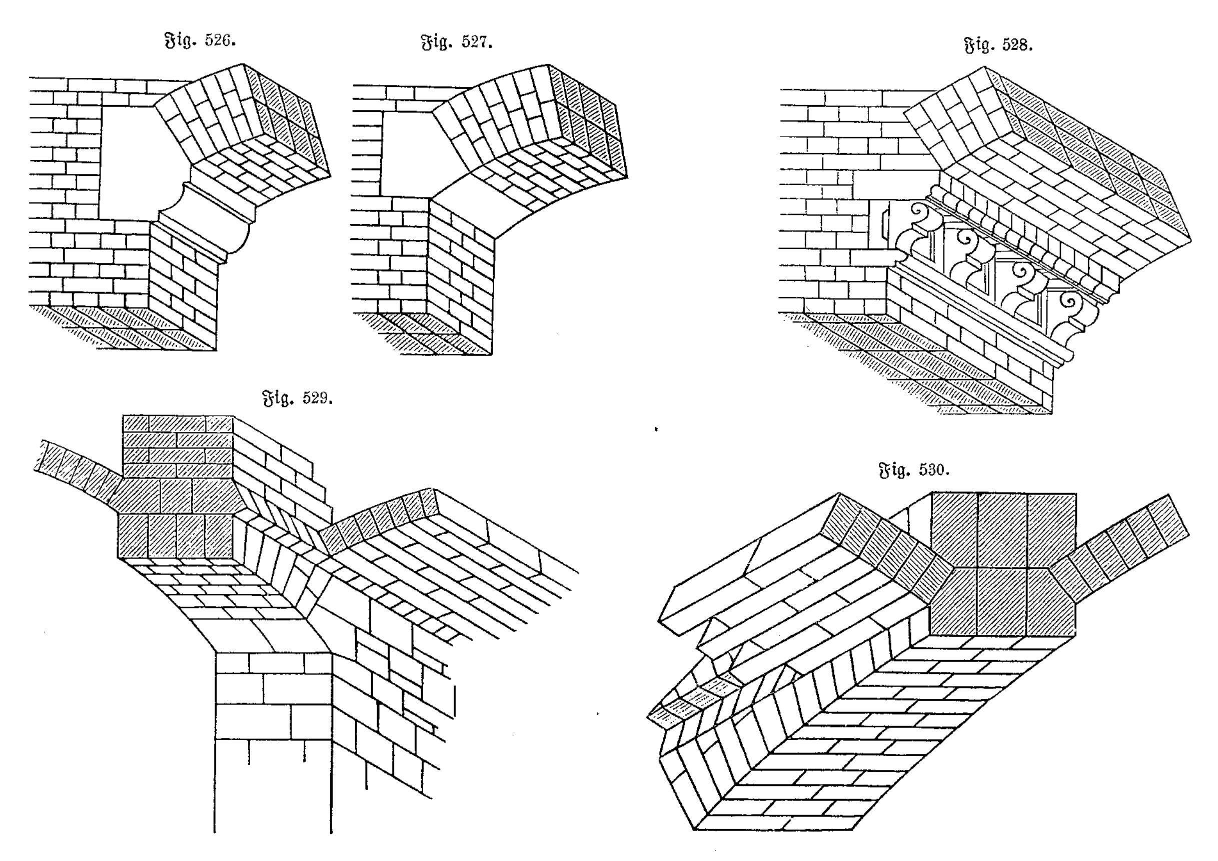


Fig. 526. Fig. 527. Fig. 528. Fig. 529. Fig. 530.

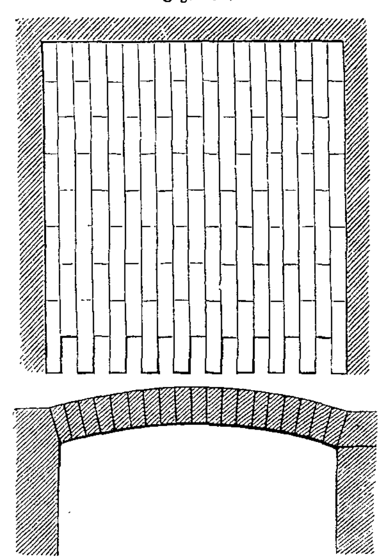
§ 6.

Ausführung der Tonnengewölbe.

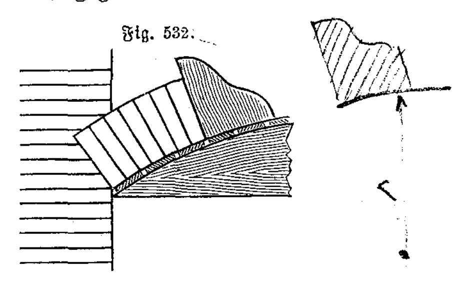
a) Die Kufmauerung.

Bei der Mauerung auf Kuf stehen die Lagerfugen, die durch die ganze Gewölbedicke hindurchreichen, normal auf dem zugehörigen Bogenelement, die Lagerfugenkanten bilden in der Leibung Mantellinien der Cylinderfläche und sind parallel zur Gewölbeachse, Taf. 42, Fig. 12, 13, 14 u. 15 und Fig. 531.


Fig. 531.



Die centrale Richtung der Lagerfugen wird durch eine Schablone bestimmt, d. h. durch ein Brettstück, das von einem Teile der Bogenlinie und von einer Normalen zu dieser begrenzt wird, Fig. 532.

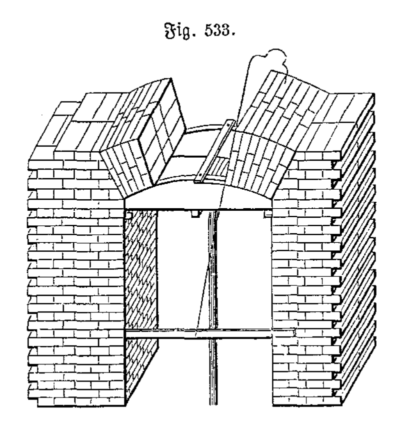

Fig. 532.

Daß man bei Korbbogen ebensoviele verschiedene Schablonen haben muß, als verschiedene Kreisbogen die Korblinie bilden, versteht sich von selbst.[1])

Ist der Krümmungshalbmesser nicht zu klein, so daß eine Bogenlinie von etwa 18 cm ohne merklichen Fehler als gerade angesehen werden kann, so kann man die Schablone entbehren. Der einigermaßen geübte Maurer stellt nämlich den rechtwinklig begrenzten Backstein, wie Fig. 15, Taf. 42 zeigt, so mit seiner Breite auf die Einschalung, daß die lange Seite die Richtung der Gewölbfuge anzeigt. Dieses Verfahren, welches bei einiger Aufmerksamkeit hinlängliche Genauigkeit gewährt, läßt elliptische Bogen in Backsteinen ebenso leicht ausführen als Korbbogen, und da die Ellipse die Mängel der Korblinien nicht teilt, die Schwierigkeit der Bestimmung der Gewölbfugen durch das eben erwähnte Verfahren umgangen wird, so zieht man bei Bogen aus Backsteinen die elliptischen Bogenlinien den Korblinien vor.

Bei kreisförmigen Bogen ist es, um die centrale Richtung der Fugen zu erlangen, das Bequemste und Sicherste, im Mittelpunkte der Bogenlinie eine Schnur zu befestigen, die durch Anspannen für jeden beliebigen Punkt die centrale Richtung angiebt, Fig. 533.

Fig. 533.



Eine eigene Schwierigkeit hinsichtlich der Fugenrichtung entsteht bei Anwendung von gewöhnlichen Backsteinen in der Nähe des Scheitels spitzbogiger Gewölbe. Da auch bei diesen die Gewölbefugen in jedem Bogenschenkel nach dem zugehörigen Mittelpunkte gehen, so ergiebt sich am Scheitel ein Zusammenschnitt nach Fig. 534 b, wie sich dies

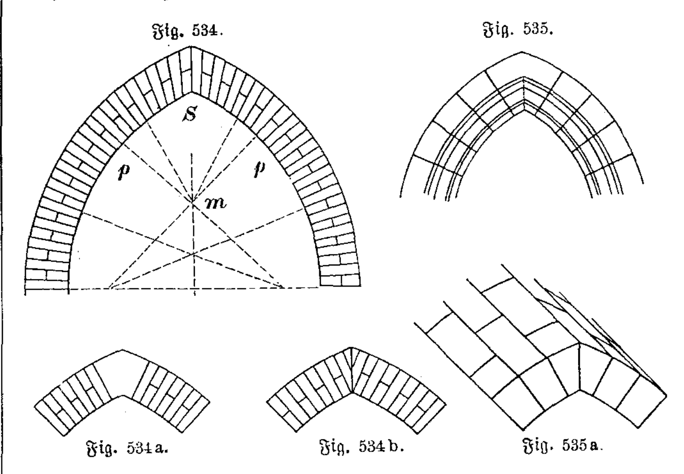


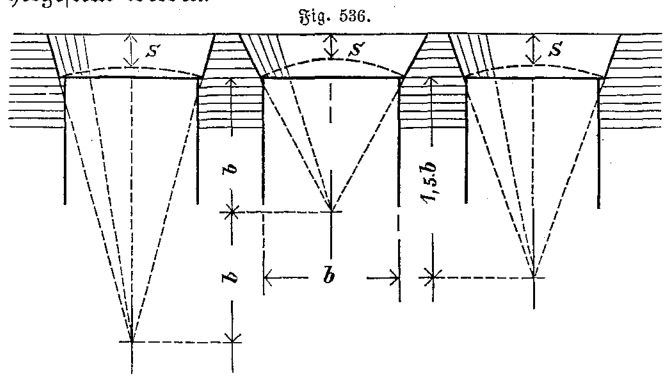
Fig. 534. Fig. 535. Fig. 534 a. Fig. 534 b. Fig. 535 a.

häufig bei mittelalterlichen Bauten findet. Besser ist es, in der Nähe des Scheitels eine Änderung in der Fugenrichtung eintreten zu lassen, indem man etwa auf die

1) Lehren für Gewölbe von veränderlicher Stärke, siehe Centralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 493.

Strecke ps, Fig. 534, die Fugen nach dem Punkte m zieht. Dadurch werden jedoch die den Scheitel bildenden Steine nach innen sehr spitz, weshalb es vorzuziehen ist, besonders zugehauene Werksteine als Schlußsteine einzusetzen, oder ähnliche Steine von Thon besonders formen und brennen zu lassen, Fig. 534a. Bei Ausführung in Werksteinen kann der Scheitel nach Fig. 535 oder 535a hergestellt werden.

Fig. 536.



Auch bei den scheitrechten Bogen, die man für die gewöhnlichen im Hochbau vorkommenden Verhältnisse $1/8$ der Spannweite stark macht, läßt man die Fugenrichtungen in einem Punkte zusammenlaufen, dessen Entfernung man etwa gleich der $1^1/_2$—2fachen Spannweite annimmt, Fig. 536. Es ist dabei zu beachten, daß die horizontale Abgleichung der Schichten eine Verstärkung des Bogens ergiebt, wogegen die Ausfüllung der Leibung, die zur Erreichung der ebenen Fläche notwendig ist, keine Vermehrung der Tragfähigkeit mit sich bringt. Der Teil s des Bogens, der über dem durch die Kämpferpunkte gehenden Kreisbogen liegt, ist allein als tragender Bogen zu betrachten. Rückt der Mittelpunkt näher, so wird diese Bogendicke zu gering, die Steine werden zu keilförmig und die Fugen zunächst dem Widerlager zu flach, wird aber die Entfernung größer, so werden die Steine zunächst dem Scheitel zu wenig keilförmig, infolgedessen sich der Bogen leicht senkt.

Für den Steinverband der Gewölbe und Bogen gelten die früher beim Mauerverbande aufgeführten Regeln; somit müssen die Lagerfugen durch die ganze Stärke des Bogens hindurchgehen und bilden in der Stirn centrale, in der Leibung mit der Achse parallele Linien, wogegen die Stoßfugen in zwei aufeinander folgenden Schichten weder in der Stirn, noch in der Leibung, noch im Innern des Bogens aufeinander treffen dürfen. Es folgt hieraus, daß zur Herstellung des Verbandes mindestens zwei verschiedene Schichten notwendig sind, die immer abwechseln müssen. Es bilden sich mithin die Verbände für die Gewölbe wie bei den Mauern, und für die Bogen wie bei den Pfeilern. Solche Bogenverbände sind auf Taf. 42 in den Fig. 1—10 für die üblichsten Abmessungen dargestellt.

Diese central gerichteten Schichten werden keilförmig; da man aber nur selten und wohl nur bei bedeutenden Gewölbebauten und bei Bauten im Backsteinrohbau keilförmig gestaltete Backsteine zu verwenden haben wird, so wird die Keilform durch die keilförmig gestaltete Fuge gebildet, die in der Leibungsfläche etwa 6 mm und in der Rückenfläche höchstens 15—20 mm stark sein soll, Taf. 42, Fig. 13. Wird die Keilform der Fugen bedeutender, so behaut man die Steine zunächst der Leibung bis auf höchstens $4^1/_2$ cm,

Fig. 537.

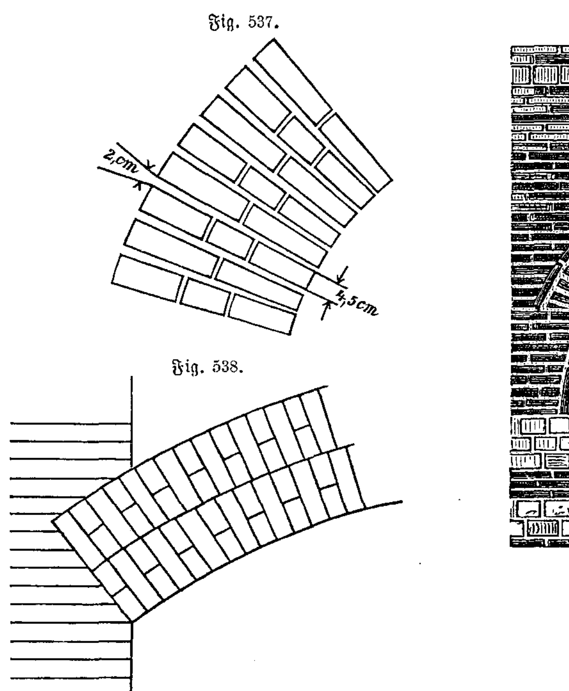


Fig. 538.

Fig. 539.

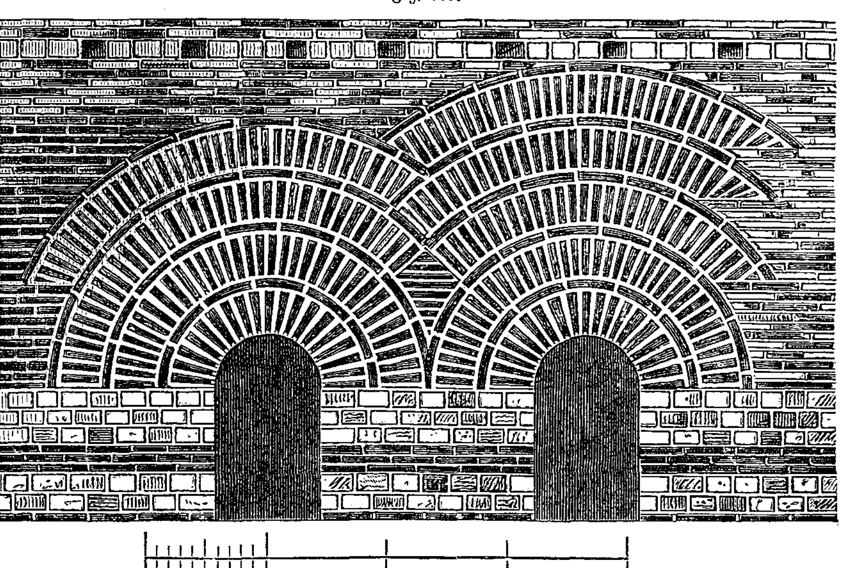


Fig. 537, was jedoch gutes Material voraussetzt, aber immer den Nachteil hat, daß die feste Rinde der Backsteine verloren geht; hier und da pflegt man auch die Steine in ihrer Stärke zu belassen und die nach oben stark klaffenden Fugen durch Steinsplitter auszukeilen, was jedoch die nachteilige Wirkung hervorbringt, daß die Steine oben dichter aneinanderschließen, und daß die in dem Gewölbe auftretende Druckspannung in ungünstiger Weise auf verhältnismäßig kleine Querschnittsflächen beschränkt wird.

Bei starken Bogen und Gewölben wird die Keilform der Fugen um so beträchtlicher, je kleiner der Krümmungshalbmesser ist; um dies zu vermeiden, giebt man die durch die ganze Gewölbedicke gehenden Lagerfugen auf und setzt das Gewölbe zusammen aus mehreren übereinander liegenden, im Verbande hergestellten Ringen, Fig. 538, oder aus einer Anzahl $1/2$ Stein starker Schalen, die nach Fig. 11, Taf. 42 eigentlich nur bogenförmige Rollschichten bilden, bei denen die keilförmige Gestalt der Lagerfugen so unbedeutend ist, daß sie nicht in Frage kommen kann.

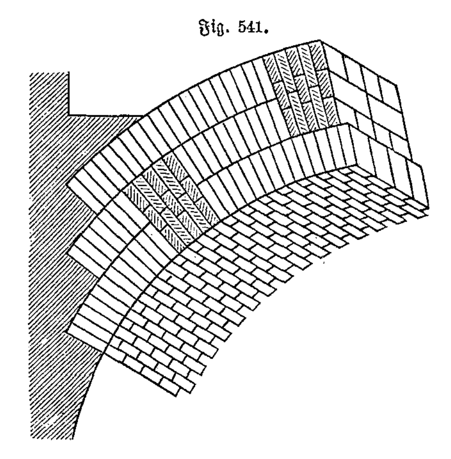
Solche Konstruktionen finden sich an vielen Gebäuden aus der Römerzeit und dem Mittelalter, Fig. 539 u. 540,

Fig. 540.

und sind bei den Engländern in häufigem Gebrauche. Bei einem Viadukt der London-Birmingham Eisenbahn bei Volverton bestehen die Backsteinbogen, bei 18,3 m Spannweite und 6,1 m Pfeilhöhe, aus 9 Ringen von $1/2$ Stein Stärke, die eine Gesamtstärke des Bogen von 0,947 m ergeben. Die Gewölbe über den Kreuzesarmen der neuen Kirche zu Potsdam, 15 m weit im Halbkreise gespannt, bestehen aus drei konzentrischen, isolierten Bogen, jeder von 2 Stein Stärke, aus besonders geformten keilförmigen Gewölbsteinen gebildet.

Trotzdem ist die Konstruktion nicht ohne Bedenken und bedarf sehr sorgfältiger Ausführung, besonders bei bedeutenden Belastungen, da man über die Druckverteilung im Bogen völlig im Unklaren ist. Die Zahl der Steine nimmt nach oben zu, und da das Setzen eines jeden Ringes im Verhältnis der Anzahl seiner Lagerfugen stattfindet, so folgt, daß die äußeren Steinringe sich mehr setzen müssen als die inneren, wodurch diese aber eine außerordentliche Beanspruchung erfahren würden. Diesem Übelstande sucht man dadurch abzuhelfen, daß man entweder die Fugendicke in den oberen Ringen abnehmen läßt — mit presseren Fugen mauert —, oder man macht die Anzahl der Wölbschichten in allen Ringen gleich, was verschieden hohe Widerlager nötig macht, Fig. 541.

Fig. 541.



Um eine durch alle Ringe gehende möglichst gleichmäßige Druckverteilung zu erreichen, empfiehlt es sich, die einzelnen Bogen durch durchgehende in regelrechtem Verbande ausgeführte Wölbschichten alternierend zu verbinden,

Fig. 542.

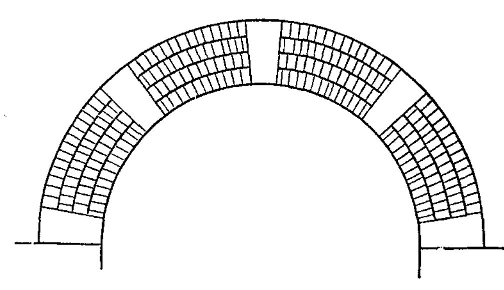
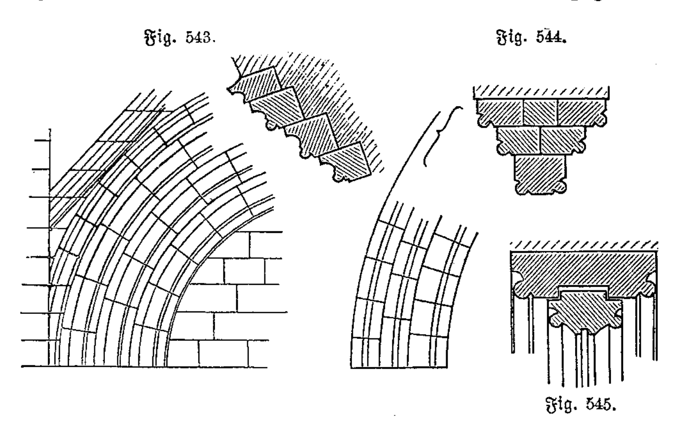


Fig. 541, oder noch zweckmäßiger, den Bogen mit Durchbindern aus Haustein in einzelne Abschnitte zu zerlegen, Fig. 542.

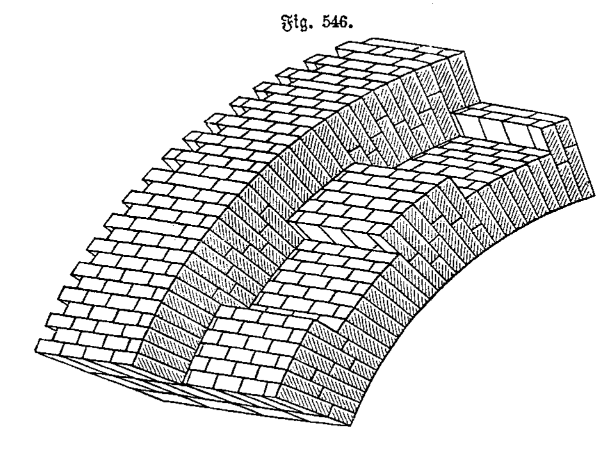
Bei Hausteinbogen finden sich die Konstruktionen mit übereinander liegenden Ringen häufig, so insbesondere bei den mit tiefen Leibungen versehenen Fenstern und Portalen, Fig. 543, sowie bei reich ausgebildeten Gurten, Fig. 544, der mittelalterlichen Kirchenbauten. Bei Fensterumrahmungen wurden die einzelnen Ringe, vornehmlich bei den Maßwerkbildungen, mit Falzen ineinander gesetzt, um seitliche Ausbiegungen zu verhindern, Fig. 545.

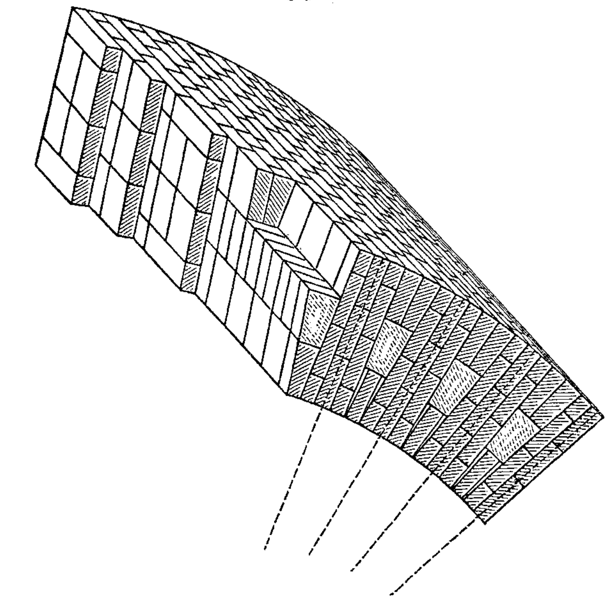

Fig. 543. Fig. 544. Fig. 545.

Innigere Verbindung der übereinander liegenden Ringe kann durch Verzahnung erreicht werden, Fig. 546, die in der Art anzuordnen ist, daß bei gleicher Dicke der Lagerfugen in den Ringleibungen der obere Ring in jedem Zahn und in jedem Zwischenraume eine Backsteinschicht mehr enthält als der darunter liegende Ring.[1])

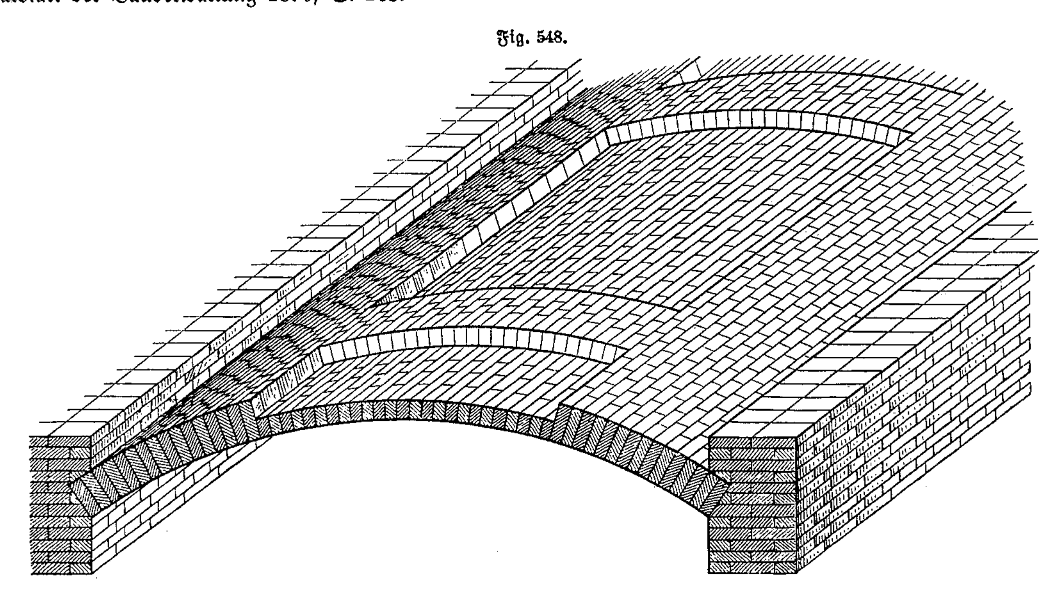
Unter allen Umständen muß bei diesen Konstruktionen ein steifer, wenig schwindender und nicht zu langsam erhärtender Mörtel verwendet werden, damit geringes und gleichmäßiges Setzen stattfindet.

Besser und zweckmäßiger, einfacher auszuführen und für jede Gewölbestärke verwendbar, ist die in Fig. 547 dargestellte Gewölbekonstruktion, die außerordentlich feste widerstandsfähige Gewölbe giebt und deshalb besonders


Fig. 546.


Fig. 547.

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1890, S. 263.


Fig. 548.

bei Festungsbauten zur Ausführung kommt. Bei dieser Konstruktion wechseln parallelepipedische aus mehreren Steinlagen mit gleichstarken Fugen erstellten Wölbschichten mit keilförmigen Schichten ab, die derart ausgemittelt sind, daß sie in der Leibung 1 Steindicke und in der Rückenfläche 2 Steindicken erhalten, während der mittlere Teil als Rollschicht mit besonders hergestellten Formsteinen

Fig. 549

Fig. 550.

oder aus zugehauenen gewöhnlichen Backsteinen keilförmig gestaltet ist. Die geringe Abweichung der Lagerfugen, die zum größten Teile auf ihre ganze Tiefe gleich stark sind, von der centralen Richtung, ist völlig belanglos, da die Festigkeit der Backsteingewölbe in erster Linie nicht sowohl von der durchaus richtigen Gestalt der einzelnen Gewölbesteine, als vielmehr von dem innigen Verbande aller Steine zu einem Ganzen, mithin von der Festigkeit der Steine, der Güte des Mörtels und von einer möglichst gleichmäßigen Fugenstärke abhängt.

Werden die Tonnengewölbe durch eingelegte Gurten verstärkt, Fig. 548, so müssen diese mit der Gewölbeschale im Verbande gemauert werden. Fig. 549, 550 und 551

Fig. 551.

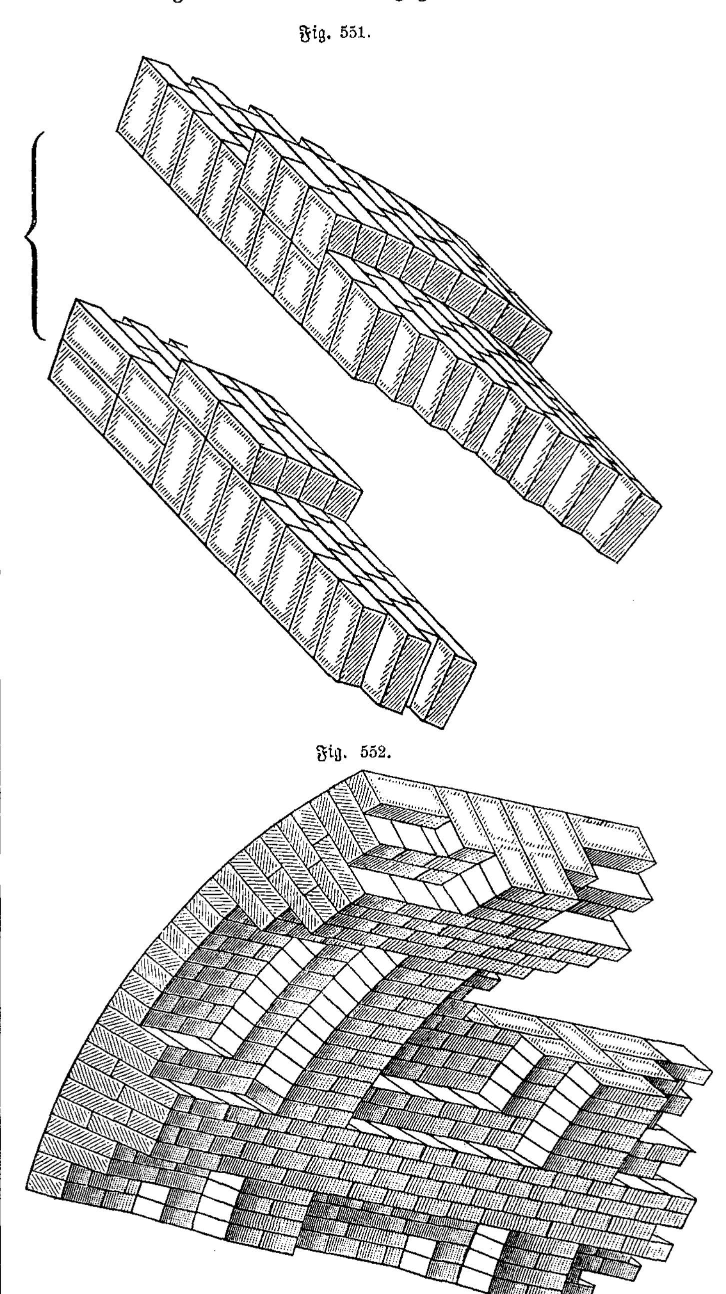


Fig. 552.

zeigen den Verband aufwärtsspringender Verstärkungsgurten von 1 zu 1, 1 zu $1^1/_2$ und $1^1/_2$ zu $1^1/_2$ Stein Stärke in je zwei aufeinander folgenden Schichten. Den Verband bei kassettierten Tonnengewölben giebt Fig. 552, der einer näheren Erläuterung nicht bedarf. (Siehe auch Fig. 567.)

Die Ausführung der auf Kuf zu mauernden Tonnengewölbe und Bogen erfolgt auf hölzernen Rüstungen, die

leicht aufgeschlagen und ohne Erschütterungen des Gewölbes abgeschlagen werden können.

Ein solches Gerüst besteht im allgemeinen aus einzelnen, in ihrer oberen Begrenzung die Form der beabsichtigten Bogenlinie zeigenden, aus Brettern, Dielen (Bohlen) oder stärkeren Hölzern zusammengesetzten **Bindern** oder **Rippen**, bei kleinen Abmessungen **Gewölbescheiben** genannt, die in gewissen Entfernungen lotrecht aufgestellt, befestigt und dann **eingeschalt** werden.

Diese **Einschalung** besteht aus schmalen Brettstücken oder Latten von der Länge des Gewölbes, die so auf die Rippen gelegt werden, daß ihre Oberflächen der beabsichtigten Leibung des Gewölbes genau entsprechen. Hieraus folgt zunächst, daß der Halbmesser für die Krümmung der Rippen um so viel verkürzt werden muß, als die Stärke der zur Einschalung verwendeten Hölzer beträgt.

Die Konstruktion größerer Lehrgerüstbogen oder Rippen können wir erst bei den Konstruktionen in Holz besprechen, bemerken aber hier, daß für kleinere Wölbungen, namentlich zu Mauerbogen, die Lehrgerüstbogen gewöhnlich nur aus einfachen oder doppelt zusammengenagelten Brettern gebildet und an vielen Orten von den Maurern selbst angefertigt werden. Einige solche Gewölbscheiben und Lehrbogen zeigen die Fig. 12—14, Taf. 42.

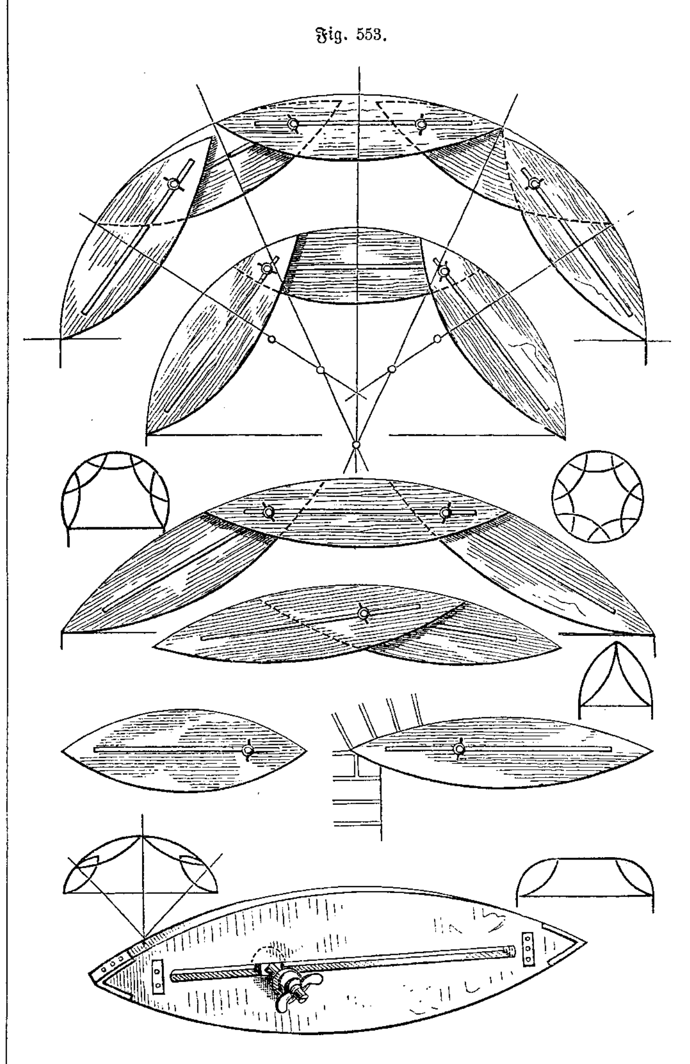
Bei Mauerbogen werden selten **mehr**, aber auch nicht **weniger** als **zwei** solcher Rippen oder Wölbscheiben nötig sein, die man dann etwas hinter den Stirnen der Bogen zurückliegend aufzustellen pflegt.

Bei Bogen von 1 oder auch wohl von $1^1/_2$ Stein Tiefe läßt man die Einschalung fort, weil hier die Steine durch die Wölbscheiben selbst Unterstützung finden. Fig. 13, Taf. 42 zeigt einen 1 Stein hohen und ebenso tiefen Bogen mit der Einrüstung. Letztere wird durch ein paar an die Widerlagsmauern gelehnte Bohlstücke gestützt. Eine ganz ähnliche Einrüstung zeigt Fig. 12, Taf. 42 für einen flachen Kreisbogen von $1^1/_2$ Stein Stärke und Tiefe, sowie Fig. 14 für einen 2 Stein starken und so tiefen Korbbogen, daß eine Einschalung nötig wird.

Sobald, wie in Fig. 14, der Lehrbogen nicht mehr als volle Scheibe (wie in den Fig. 12 u. 13) aus Brettern gebildet werden kann, sondern aus mehrfachen Bretterlagen felgenartig, wie der Kranz eines Wasserrades, zusammengesetzt werden muß, so darf eine, beide Schenkel des Bogens verbindende Latte ab, Fig. 14, Taf. 42, nicht fortbleiben, weil sonst bei der Belastung des Lehrbogens durch die Gewölbsteine ein Ausweichen stattfände.

Die Herstellung der Lehrbogen, die gewöhnlich für jeden Fall besonders geschehen muß, ist mit nicht unbedeutenden Kosten verbunden, und man hat gesucht, diesem Übelstande durch besondere Konstruktionen abzuhelfen, die eine Verwendung der Lehrbogen für die verschiedensten Spannweiten gestatten. Besonders zu erwähnen sind hier die von **Franz Spengler** in Berlin eingeführten „Patent-Sparbogen" (D. R.-P. Nr. S 7562), deren Konstruktion und Anwendung in Fig. 553 dargestellt ist.[1] Diese „Sparbogen" sind geschlitzt, mit Mutterbolzen versehen und können beliebig zu Stichbogen, Halbkreis-,

Fig. 553.



Vollkreis- und Korbbogen zusammengeschraubt werden. Spitz- und Zwickelbogen stellt man durch Latten her, die über die Bogen genagelt werden.

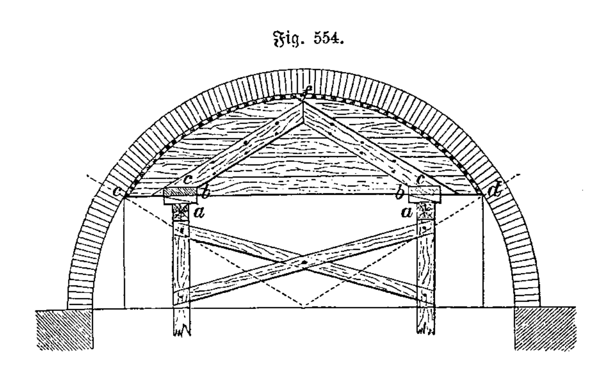
Bei halbkreis- und spitzbogenförmigen Gewölben kann man die Einrüstung auch dadurch vereinfachen, daß man die unteren, horizontal oder central gerichteten Wölbschichten etwa bis zur Neigung von 30° mit bogenförmig gestalteten Lehren unter Zuhilfenahme der Fluchtschnur ausführt, und nur den oberen Teil mit Benützung von Lehrbogen oder Gewölbscheiben einrüstet, Fig. 554.

Die Schalung, hier aus gewöhnlichen Dachlatten bestehend, die mit etwa 3 cm breiten Zwischenräumen auf

1) Deutsche Bauzeitung 1894, S. 279.

die Lehrbogen gelegt sind, wird immer nur nach Erfordernis, sowie man mit dem Einwölben des Bogens fortschreitet, aufgelegt, und nur die Lattstücke zunächst an den Gewölbfüßen bedürfen des Festnagelns.

Fig. 554.



Kassettierte Tonnen bedürfen einer sorgfältigen Einschalung, auf die die Felderteilung genau aufzutragen ist; zur Herstellung der vertieften Felder werden entsprechend geformte Holzkasten auf der Schalung befestigt, Fig. 555.

Fig. 555.

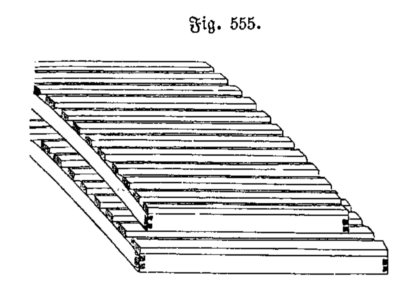


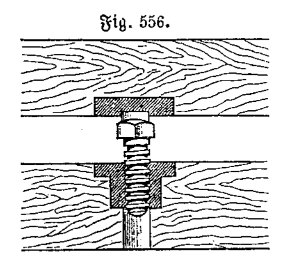
Fig. 14, Taf. 42 zeigt zugleich, auf welche Weise größere Lehrbogen aufzustellen sind. Die Schenkel derselben stehen zunächst mit einer sogenannten Klaue auf einem Rahmstücke c, welches seinerseits wieder durch Pfosten unterstützt wird, die mit ihrem untern Ende nötigenfalls auf einer Schwelle oder auch nur auf untergelegten Brettern oder großen Steinen stehen, jedenfalls aber einen unverrückbar festen Stand haben müssen. Bei dem Aufstellen der Lehrbogen und Gewölbscheiben kommt es besonders darauf an, daß ihre Ebene durchaus normal auf der Achse des Gewölbes steht, und die zwei zusammengehörige Kämpferpunkte verbindende Linie genau die vorgeschriebene Richtung hat. Bei tieferen Gewölben muß man häufig die richtige Stellung der Lehrbogen durch innerhalb angenagelte Latten oder Bretter, die die einzelnen Lehrbogen miteinander verbinden, zu sichern suchen.

Die Gewölbscheiben für scheitrechte Bogen, welche niemals in großen Spannweiten ausgeführt werden, bestehen in der Regel nur aus einem Brett oder Bohlstück und werden dann Stege genannt. Ist die Spannweite des Bogens nur gering (1—1,2 m) und bestehen auch die Widerlager aus Backsteinen, so pflegt man das den Steg bildende Brettstück an den Enden zuzuschärfen und nur durch ein Einklemmen in die Kämpferfugen zu befestigen. Ein in der Mitte spreizenartig untergestelltes Brettstück giebt dann die noch nötige Unterstützung.

Kleine Gewölbscheiben pflegt man, wie in Fig. 12, Taf. 42, unmittelbar auf ihre Unterstützungspunkte aufzustellen; bei größeren Lehrbogen muß man aber die Einrichtung so treffen, daß man, nachdem das Gewölbe geschlossen ist, den Lehrbogen lösen kann, ohne das Gewölbe selbst einer Erschütterung auszusetzen, damit der im Gewölbe im Moment des Ausrüstens auftretende Druck Zeit findet, sich auf eine entsprechende Querschnittsfläche zu verteilen. Diesen Zweck erreicht man am einfachsten, wenn man da, wo der Lehrbogen mit seinen Füßen auf den unterstützenden Hölzern aufsteht, zwischen den Fuß und die Unterstützung doppelte Keile anordnet, wie bei d, Fig. 14, Taf. 42. Diese Keile erleichtern zugleich das Aufstellen der Lehrbogen, indem sie das genaue Einstellen der Kämpferpunkte weniger beschwerlich machen, sind aber vom größten Nutzen, wenn die Ausrüstung vorgenommen werden soll, dadurch, daß sie eine allmähliche Entfernung des Lehrbogens von dem Gewölbe möglich machen.

Um ein langsames Ausrüsten zu ermöglichen, stellt man bei Großkonstruktionen die Ständer f, Fig. 14, Taf. 42, in „Sandbüchsen", oben offene, mit Sand gefüllte gußeiserne Töpfe, die am untern Rande mehrere mit Stöpsel verschließbare Öffnungen haben, durch die man den Sand ablaufen lassen und die langsame Senkung der ganzen Einrüstung herbeiführen kann.[1])

Fig. 556.



Auch Sandsäcke aus festem Zeug, Segelleinwand, oder auch aus Leder angefertigte, mit Sand gefüllte und seitlich zugeschnürte Beutel und auch Schraubensätze, Fig. 556, werden zur Auflagerung der Gerüstständer verwendet.[2])

Das Ausrüsten selbst soll nicht sofort nach Fertigstellung des Gewölbes, sondern erst dann geschehen, wenn der Mörtel einigermaßen seine Bildsamkeit verloren, aber noch nicht völlig erhärtet ist. Bei sofortiger Ausrüstung ist der Mörtel noch weich, die Steine pressen sich aneinander und der Mörtel quillt mehr oder weniger stark aus den Fugen, was ein entsprechendes Setzen des Gewölbes zur Folge hat. Um dieses starke Zusammenpressen der weichen Mörtelbänder zu vermeiden, muß man dem

1) Siehe auch Deutsche Bauzeitung 1886, S. 515.

2) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 3. H. S. 225.

Mörtel eine gewisse Zeit zu seiner Erhärtung und einigermaßen zur Verkittung der Steine lassen, wodurch die Senkung, die auf das möglichst kleinste Maß beschränkt bleiben soll, geringer wird und der Gewölbekörper die beabsichtigte Form besser beibehält.

Unter Berücksichtigung aller Umstände kann man als Regel gelten lassen, kleine Gewölbe und Bogen schon nach 1—2 Tagen, größere nach 4—6 Tagen und solche von 8—10 m Spannweite nach 8—10 Tagen auszurüsten.

Bei Verwendung von verlängertem Cementmörtel oder reinem Cementmörtel kann je nach der raschern Erhärtung die Ausrüstung entsprechend früher geschehen.

Die Aufmauerung selbst erfolgt symmetrisch gegen den Scheitel, um die Lehrgerüste gleichmäßig von beiden Widerlagern aus zu belasten, damit Deformationen vermieden werden.

Nach Vollendung der Gewölbemauerung ist die Rückenfläche sorgfältig abzukehren und mit einem dünnflüssigen Kalk- oder besser Cementmörtelguß zu versehen, um etwa vorhandene Lücken in den Fugen zu schließen. Hierauf ist die Ausmauerung der Gewölbezwickel, die sogenannte „Hintermauerung", vorzunehmen, die sich auf $^1/_2$—$^2/_3$ der Gewölbehöhe zu erstrecken hat. (Näheres hierüber im statischen Teil.) Statt mit einer Hintermauerung können die Zwickel auch mit Beton ausgefüllt werden.

Sollen Tonnengewölbe aus Bruchsteinen ausgeführt werden, so kann dies nur mit Kufmauerung geschehen, und man hat dabei alle für Backsteine aufgestellten Regeln zu befolgen, soweit es die Form der Steine zuläßt. Nur mit lagerhaften Steinen, d. h. mit solchen, die mit zwei annähernd parallelen Seitenflächen versehen sind, lassen sich dergleichen Gewölbe ausführen. Soweit möglich, sucht man den Steinen mit dem Mauerhammer eine etwas keilförmige Gestalt zu geben. Ist dies nicht thunlich, so müssen die nach dem Rücken des Gewölbes zu klaffenden Lagerfugen mit passenden Steinstücken ausgezwickt werden, wie denn überhaupt alle die Vorschriften, welche wir für gerade Mauern aus Bruchsteinen angeführt haben, auch hier volle Anwendung finden. Was dort das Herstellen horizontaler Schichten bezwecken sollte, muß hier dadurch hervorgebracht werden, daß man so oft als thunlich eine Lagerfuge normal auf die Leibung darzustellen sucht, weil man unmöglich jedem einzelnen Steine die genau richtige Stellung im Gewölbe geben kann, sondern sich damit begnügen muß, dieselben in möglichst gutem Verbande und dem Augenmaß nach normal auf der Einschalung des Gewölbes zu vermauern. Hauptsächlich wird man darauf zu sehen haben, daß die Lagerfugen möglichst in einer Ebene durch den ganzen Bogen gehen, mithin in einer Schicht nur Steine von annähernd gleicher Dicke liegen. Die Steine müssen dabei im allgemeinen eine solche Länge haben, daß sie durch die ganze Stärke des Gewölbes hindurchreichen, und nur einzelne dürfen in dieser Richtung gestoßen werden.

Sind die Gewölbe nicht zu schwach, so lassen sie sich mit Bruchsteinen leicht und sicher ausführen, und selbst ziemlich flache Gewölbe erlauben dieses bei sorgfältiger Arbeit und Anwendung eines guten Bindemittels. Überhaupt tritt die innige Verbindung der Steine durch das Bindemittel hier wieder, wie bei den Backsteingewölben, als Hauptbedingung für die Festigkeit auf, weshalb hierauf besonders zu achten ist.

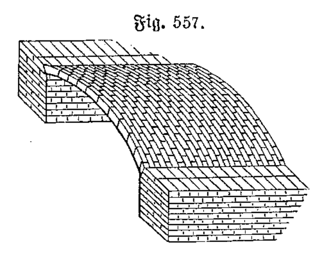
Sollen Tonnengewölbe aus Werksteinen hergestellt werden, so ist das Hauptaugenmerk auf die richtige Gestalt der einzelnen Steine (Steinschnitt) zu richten — siehe Fig. 470 —, da die 2—5 mm starken Mörtelbänder nicht den Zweck der Verkittung haben. Es gilt bei den Werksteingewölben und Bogen in erhöhtem Maße das beim Quadermauerwerk Mitgeteilte, auf das wir hier verweisen. Die Ausführung muß auf Lehrgerüsten erfolgen, die dem großen Gewichte der einzelnen Steine entsprechend stark hergestellt und meistens so ausgemittelt sind, daß jeder einzelne Stein durch Keile in seine vorgeschriebene Lage gebracht werden kann.

b) Wölbung in stehenden Ringschichten.

(Mollersche Wölbung.)

Bei dieser Wölbungsmethode werden die einzelnen Schichten nicht parallel den Widerlagern mit durchgehenden Lagerfugen und abwechselnden Stoßfugen, sondern normal auf die Widerlager, in stehenden

Fig. 557.

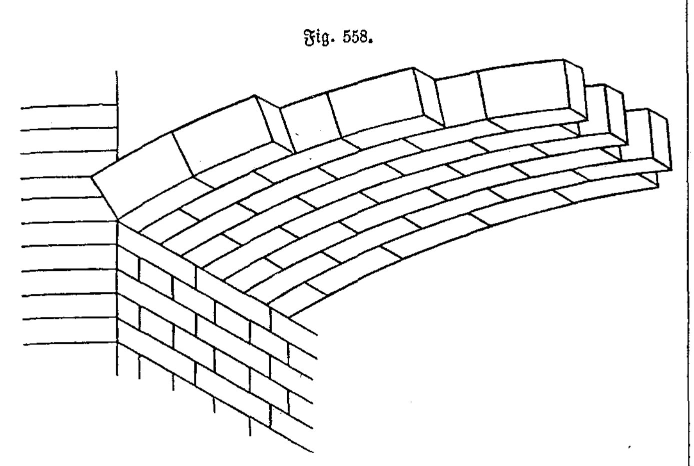


Ringschichten mit abwechselnden Lagerfugen und durchgehenden Stoßfugen ausgeführt, Fig. 557, wobei die einzelnen Backsteine auf der hohen Kante stehen. Das Gewölbe ist somit aus vielen voneinander unabhängigen Bogenringen zusammengesetzt. Während bei der Kufmauerung längs der Widerlager mit der Wölbung begonnen und in der Scheitellinie geschlossen wird, beginnt man bei der Ringwölbung bei den Stirnmauern, so daß die Ausführung in der Richtung der Achse vorschreitet.

Jede Schicht bildet somit einen in sich haltbaren Bogen, wobei sich die einzelnen Steine durch die Bindekraft des Mörtels an der vorhergehenden Schicht halten,

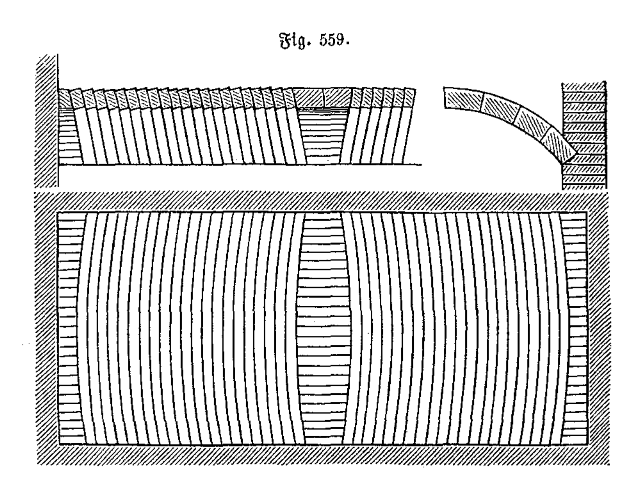
Fig. 558. Um das seitliche Ausweichen der Schichten zu verhüten, werden sie häufig nicht in lotrechten, sondern in geneigten Ebenen angelegt, Fig. 559. Zur Herstellung der

Fig. 558.



geneigten Ebene zunächst den Stirnmauern und zur gegenseitigen Verspannung der Ringschichten in der Mitte — d. i. zum Schließen des Gewölbes — werden am besten Kufschichten verwendet.

Fig. 559.



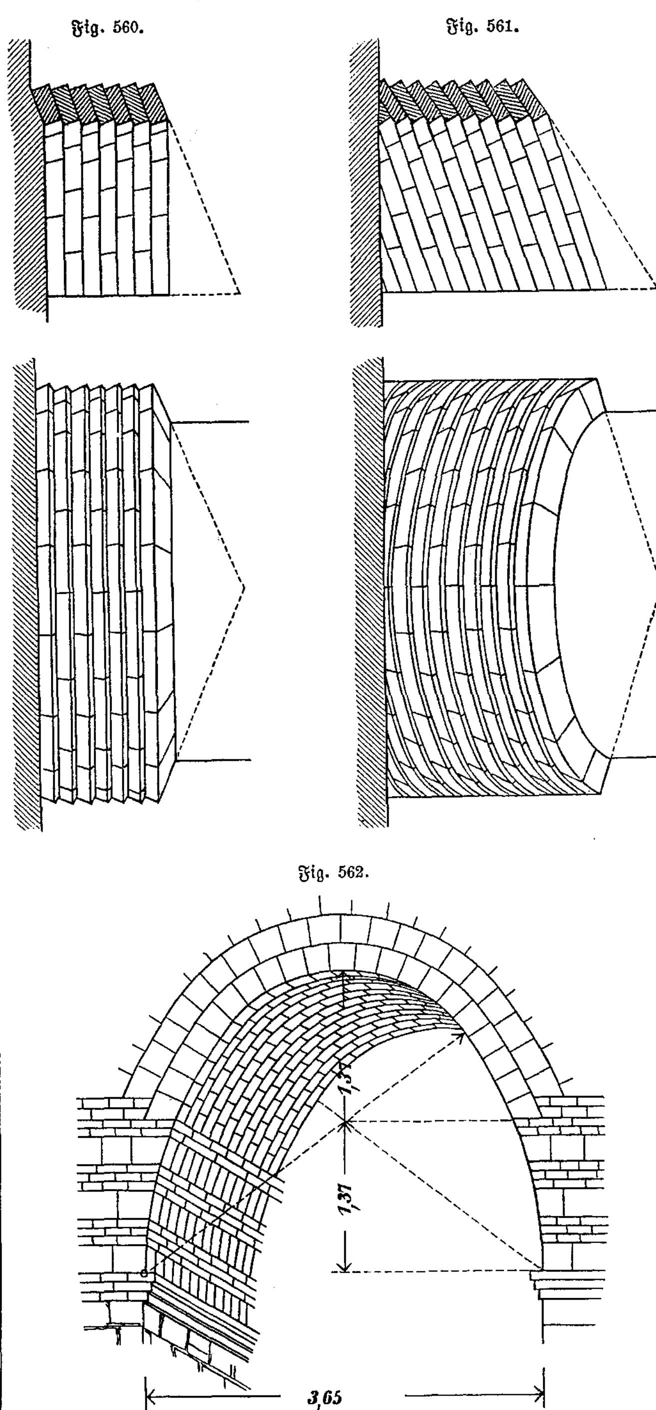
Eine andere Anordnung zeigt Fig. 560, bei der die Ringschichten in lotrechten Ebenen stehen, die Lagerflächen selbst aber Teile von Kegelflächen bilden; in Fig. 561 stehen die Schichten in geneigten Ebenen, die aber nicht zugleich die Lagerflächen bilden, die wiederum in Kegelflächen mit geringer Neigung liegen.

Bei Gewölben, die in der Leibungsfläche unverputzt bleiben, können mit Vorteil Kuf- und Ringschichten gleichzeitig Verwendung finden; der Wechsel in der Schichtenführung bewirkt eine angenehme Belebung der Gewölbeleibungsfläche.

Die Wölbung mit solchen Ringschichten — stehend und liegend — reicht bis in das hohe Altertum, und es finden sich hübsche Ausführungen bei den Ägyptern,[1]) den Persern, Fig. 562 (aus Sarvistan), den Assyrern, Fig. 564 (aus Khorsabad), bei den Römern, Fig. 563 (aus Eleusis) und bei den Byzantinern, Fig. 565 (aus Salonichi).[1])

Fig. 560. Fig. 561.

Fig. 562.



1) Siehe hierüber: Lepsius, Denkmäler aus Ägypten I, Bl. 89. — Dieulafoy, L'art antique de la Perse. — Ch'oisy, L'art de bâtir chez les Byzantins. — Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd.

Die Konstruktion wurde in neuerer Zeit erstmals wieder durch Oberbaudirektor Moller zur Überwölbung einer Nebentreppe im 4. Stock bei nur 1 Stein starken Umfassungsmauern angewendet (deshalb auch Mollersche Methode geheißen.[1]) Hier ist in vortrefflicher Weise die Hintermauerung mit dem Gewölbemauerwerk verbunden, wie dies Fig. 566 in zwei aufeinander folgenden Schichten deutlich zeigt.

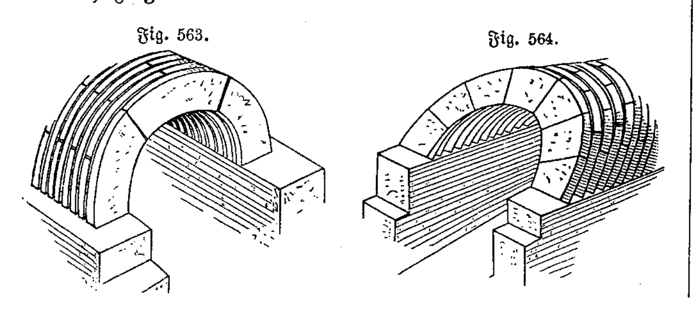


Fig. 563. Fig. 564.

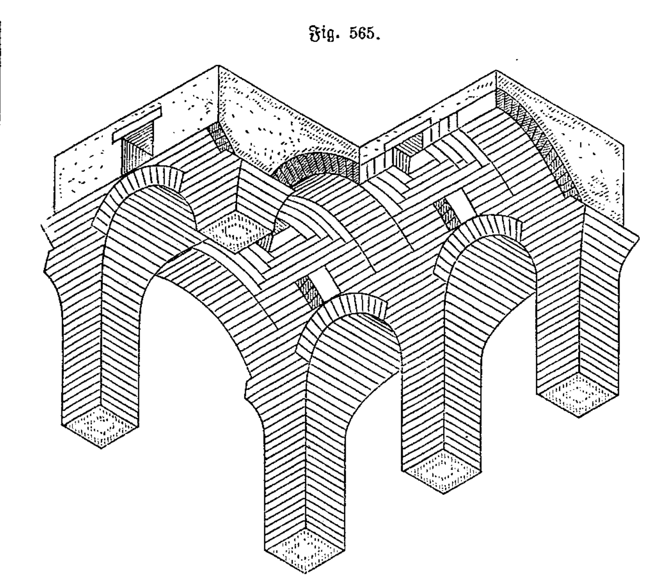


Fig. 565.

Fig. 566.

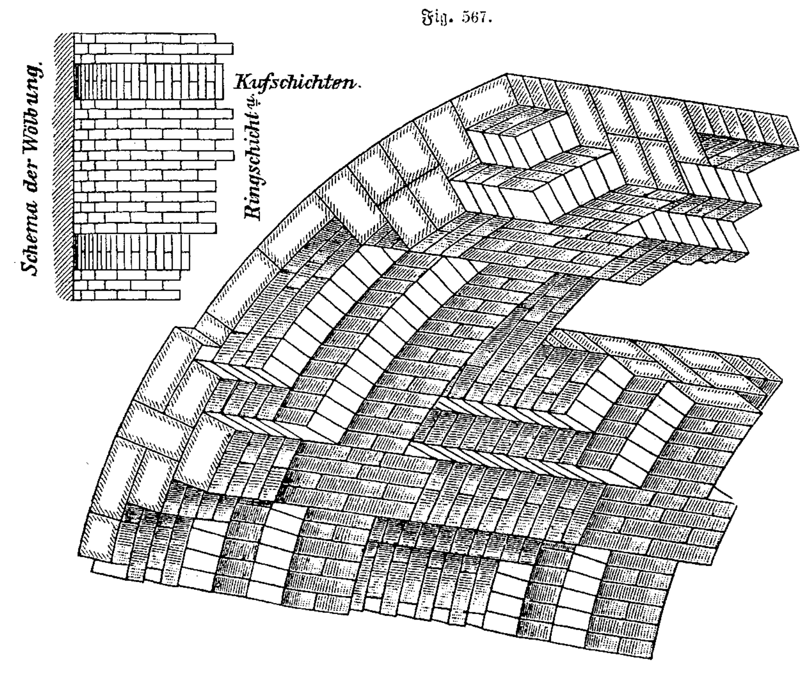


Fig. 567.

Die Wirkung dieser auf solche Art angeordneter Schichten ist nach Moller[1]) folgende: Da der hintere Teil der horizontalen Schichten a d e c b in b c unterstützt ist, so werden die nach dem Centrum gerichteten Steine der Schicht d e f h, um einen Seitendruck auf die Widerlager ausüben zu können, zwischen diesen horizontalen Schichten herabsinken müssen; dies kann nur stattfinden, wenn zuvor der Widerstand überwunden worden ist, der die Adhäsion der sich berührenden Backsteinschichten hervorbringt. Da letztere mit der breiten Fläche aneinander liegen und außerdem durch Mörtel verbunden sind, so ist dieser durch die Adhäsion bewirkte Widerstand größer als das Gewicht der Steine. Die Schichten e d f g h können also nicht zwischen den Steinen e d a b c herunterrutschen, mithin ist das Gewölbe als eine Masse anzusehen und wirkt nur senkrecht auf die Unterlagen b c und h g.

Die Ringwölbung hat Moller auch bei einem 8,70 m weiten kassettierten Tonnengewölbe im Kanzleigebäude in

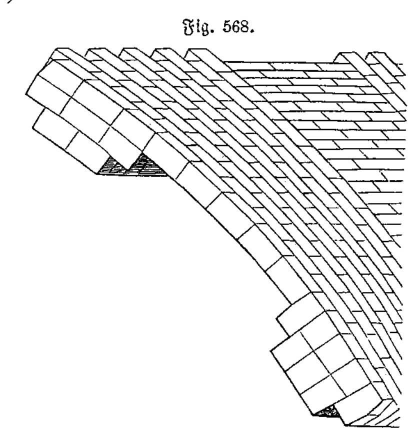
1) Rondelet, siehe L'art de bâtir, Taf. 67, Fig. 11 u. 12, hat solche Gewölbe ebenfalls in der Kriegskanzlei zu Versailles ausgeführt, bei denen aber Gipsmörtel als Bindemittel verwendet wurde.

1) Moller, Beiträge zur Lehre von den Konstruktionen.

Darmstadt in der Weise verwendet, daß nur die Quergurten in Kufmauerung, die Längsgurten einschließlich der Kassettenfelder dagegen in senkrecht stehenden Ringschichten ausgeführt wurden, Fig. 567. Bemerkenswert ist die geringe Dicke der aus Bruchsteinen hergestellten Widerlagsmauern, die mit 75 cm nur $^1/_{12}$ der Spannweite beträgt; die Gewölbewinkel sind bis $^3/_4$ der Gewölbehöhe mit Bruchsteinabfällen und Gußmörtel ausgeglichen.[1])

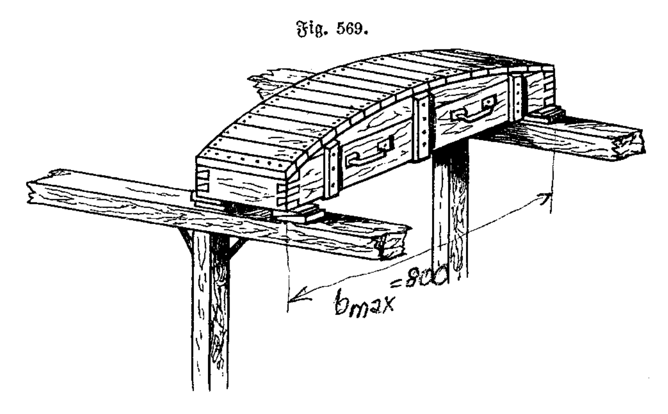
Fig. 568 zeigt eine derartige Wölbung in der Rückenfläche gesehen.

Fig. 568.



Diese aus einzelnen Ringschichten gebildeten Gewölbe bedürfen zu ihrer Ausführung keiner durchgehenden Einrüstung, sondern werden am besten auf sogenannten Rutschbogen ausgeführt, wie dies vornehmlich in Österreich häufig geschieht. Ein Rutschbogen besteht aus einem oben nach der Wölbungslinie geschlossenen Kasten, Fig. 569,

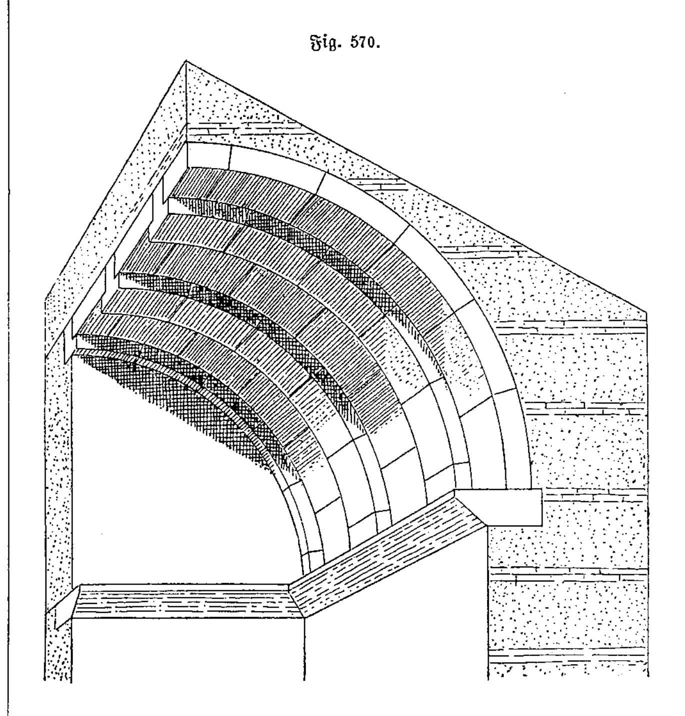
Fig. 569.



der mit Doppelkeilen auf dem Unterstützungsgerüst aufgestellt und dann vorgerückt wird, sobald das kurze Stück Gewölbe über dem Rutschbogen ausgeführt ist. Die Breite des Bogens soll höchstens 80 cm betragen, weil bei größerer Länge die Ausführung der Wölbung für die vor dem Rutschbogen stehenden Arbeiter unbequem wird. Da die Ausrüstung jeweils sofort nach Fertigstellung jedes Gewölbestückes erfolgt, so ist ein schnell erhärtender Mörtel zu verwenden; auch ist aus diesem Grunde die Anwendung der Rutschbogen nur für kleinere leichte Gewölbe zu empfehlen.

Gewölbekonstruktionen in Werksteinen können gleichfalls nach dem System der Ringschichten ausgeführt werden. Interessante Beispiele derart finden sich bereits an römischen Bauten, die ihre eigentümliche Art wohl dem Umstande verdanken, daß man mit möglichst wenig Gerüstmaterial auskommen mußte. So findet sich ein Tonnengewölbe in Nîmes, Fig. 570, das in tragende Bogenrippen und

Fig. 570.



zwischengelegte Füllplatten zerlegt ist; dieses Gewölbe konnte mit einem einzigen Lehrbogen hergestellt werden, da jeder Gewölbebogen unabhängig vom anderen ausgeführt ist, und die Füllplatten unmittelbar in die Falze der Rippen eingestreift werden konnten.[1])

Die Anordnung getrennter Ringe eignet sich besonders für die Ausführung steigender Tonnen, Fig. 511.

c) Schwalbenschwanzförmige Wölbung.

Bei dieser Einwölbungsmethode bilden die einzelnen Backsteinschichten ebenfalls Bogenschichten, die jedoch nicht in zur Achse senkrechten, sondern in schrägen Ebenen liegen, die gewöhnlich normal zur Diagonalbogenlinie des Gewölbes gerichtet sind. Taf. 43 zeigt eine solche Einwölbung in genau dargestellten Projektionen. Oder die einzelnen die Lagerfugen bildenden Ebenen stehen normal

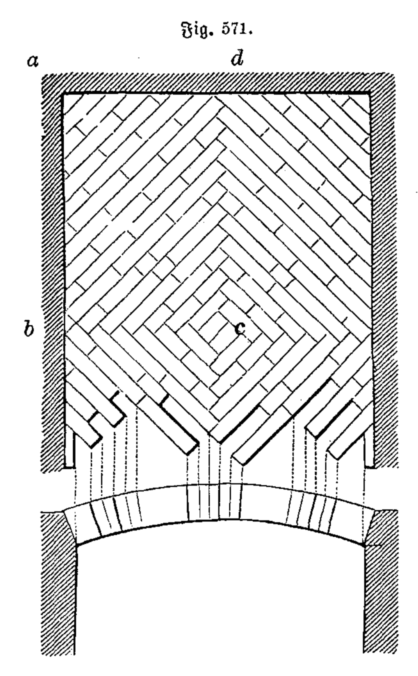
1) Moller, Beiträge zur Lehre von den Konstruktionen.

1) Choisy, L'art de bâtir chez les Romains.

auf derjenigen Bogenlinie, die sich durch den Schnitt einer lotrechten, den Winkel b a d halbierenden Ebene mit dem Gewölbe ergiebt; in Fig. 571 schematisch dargestellt.

Die Wölbung beginnt in den Ecken des Raumes, die einzelnen, bei dem kreisförmigen Tonnengewölbe elliptischen

Fig. 571.



Bogenschichten steigen von den Widerlagern gegen die Stirnmauern, und stechen schließlich in der Scheitellinie d c und der Mittellinie b c zusammen, so daß zuletzt ein nahezu quadratischer Schlußstein im Mittelpunkte des Gewölbes übrig bleibt.

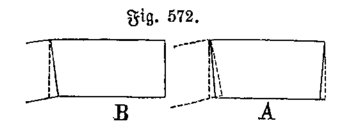
Diese Wölbungsmethode hat den Vorteil, daß sich die einzelnen Schichten gegenseitig verspannen und frei tragen, sobald sie geschlossen sind; auch kann die Ausführung von nur einigermaßen im Wölben geübten Maurern ohne Einschalung, nur mit Hilfe einiger Lehrbogen erfolgen, die aber nicht eigentlich tragend sind, sondern nur als „Lehren“ dienen, um das Gewölbe nach der beabsichtigten Krümmungsfläche darstellen zu können. Denn die Bindekraft des Mörtels ist ausreichend, um die einzelnen Steine einer Schicht an der vorhergehenden geschlossenen und sich deshalb frei tragenden Schicht zu halten. Sofort nach Abschluß des Gewölbes nimmt man die Lehrbogen heraus und man wird dann gewöhnlich finden, daß der über den Lehrbogen gelassene Spielraum von 1—$1^1/_2$ cm durch das inzwischen erfolgte Setzen des Gewölbes bereits verschwunden ist und das Gewölbe auf den Lehrbogen aufliegt.

Nimmt man die Bogen als „tragend“ an und legt die Wölbschichten auf, so kann das Setzen nur zwischen den festen Punkten erfolgen, so daß Verdrückungen und Versackungen der Leibungsflächen entstehen müssen.

Mit Rücksicht auf das stets eintretende Setzen des Gewölbes läßt man die Scheitellinie von den Stirnen gegen die Mitte hin etwas steigen, um zu verhindern, daß das Gewölbe nach erfolgtem Setzen in der Mitte tiefer liege.

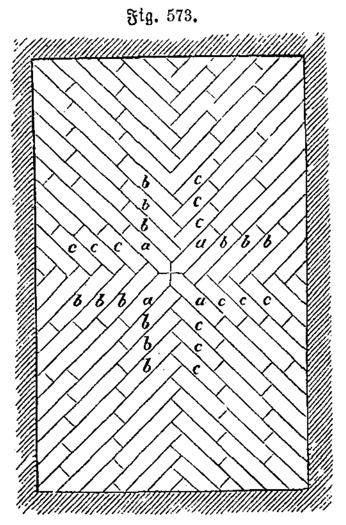
Die schwalbenschwanzförmige Wölbung ist somit nicht so einfach auszuführen wie die Kufwölbung und erfordert geschicktere Arbeiter. Auch ist zu beachten, daß auf einem Cylindermantel nur die Linien gerade sind, die mit der Achse parallel laufen; deshalb müssen die Steine bei der schwalbenschwanzförmigen Wölbung, wenn sie überall die Leibungsfläche berühren sollen, an zwei diagonal gegenüberliegenden Ecken verhauen, oder wie sich die Maurer ausdrücken, „geschnäbelt“ werden, wie dies die Taf. 43 in der Projektion der einzelnen Schichten deutlich zeigt. Außerdem würden die Stoßfugen der Steine, wollte man dieselben in ihrer rechtwinkligen Gestalt lassen, oberhalb sehr klaffen, und es ist daher auch nötig, jeden Stein, an einer Seite wenigstens, Fig. 572 B, oder an beiden Seiten, Fig. 572 A, passend zuzuhauen. Hierbei stehen zwar die Stoßfugen nicht normal auf dem zugehörigen Bogenelement, doch kommt dies nicht in Betracht, weil die Festigkeit bei Backsteingewölben nicht von der genauen Form der einzelnen Steine, sondern von einem guten Zusammenhange derselben untereinander abhängt.

Fig. 572.



Eine andere Anordnung des schwalbenschwanzförmigen Verbandes zeigt Fig. 573. Sie unterscheidet sich von der vorigen besonders dadurch, daß man in der Mitte des Gewölbes anfängt und die einzelnen Schichten an den Widerlagern schließt; man kann sie da anwenden, wo das Gewölbe nicht abgeputzt wird, aber doch ein regelmäßiges Ansehen erhalten soll. Das Verfahren ist folgendes: Zuerst werden in der Mitte auf der Schalung vier ganze Steine a, a rechtwinklig gegeneinander und unter einem Winkel von 45 Grad gegen die Gewölbeachse so zusammengepaßt, wie dies Fig. 573 zeigt, darauf immer ein ganzer Stein b mit einem Dreiviertelstein c auf die in der Figur angedeuteten Weise rechtwinklig zusammengestellt, bis die Umfassungsmauern des zu überwölbenden Raumes erreicht sind, wo dann die letzten Steine scharf gegen diese gepaßt

Fig. 573.



werden müssen. Jetzt werden die Diagonalschichten mit lauter ganzen Steinen ausgeführt, indem man bei den Steinen b und c anfängt und die Schichten nach den Umfassungsmauern hin, die hier, wie bei der vorigen Methode, alle vier Widerlager bilden, vollendet.

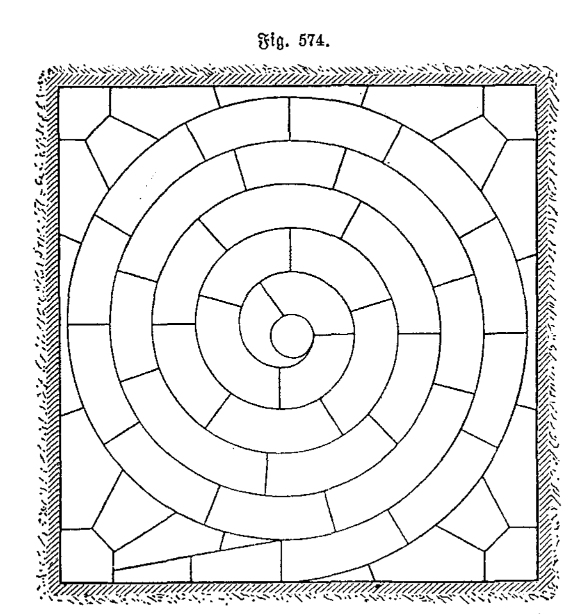
Daß das Schnäbeln und Verhauen der Steine hier so gut wie bei der in Fig. 571 dargestellten Methode nach Maßgabe des Krümmungshalbmessers des Gewölbes stattfinden muß, leuchtet ein; ebenso, daß beide Methoden nur bei flachen Gewölben (Kappen) Anwendung finden können.

Was die Verzeichnung der schwalbenschwanzförmigen Schichten im Grundriß und Aufriß betrifft, so ist dieselbe einfach durchzuführen, sobald man beachtet, daß die sämtlichen lagerfugenbildenden Ebenen ebene (nicht windschiefe) Flächen sind, die auf der diagonalen Bogenlinie des Gewölbes normal stehen. Bei dem auf Taf. 43 dargestellten Stichbogengewölbe bildet die diagonale Bogenlinie a c, Fig. 3 u. 4, einen elliptischen Bogen, der am einfachsten durch Vergatterung zu ermitteln und ohne wesentlichen Fehler durch ein Kreisbogenstück ersetzt werden kann. Teilt man nun den Diagonalbogen a c in Wölbschichten gleich Backstein- und Fugendicke ein, und zieht durch die Teilpunkte die Normalen, so stellen diese die Lagerfugenebenen der einzelnen Backsteinschichten in der Vertikalprojektion dar. Ihre Länge wird begrenzt durch die Begrenzungslinien des Quadranten a b c d, d. i. die Widerlagslinie a b, die Stirnlinie a d, die Scheitellinie c d und die Mittellinie b c. Bringt man diese Linien in die Vertikalprojektion, nimmt einige horizontale Mantellinien I, II ... u. s. w. an, so lassen sich die Durchschnittspunkte der Lagerebenen mit allen diesen Linien aus der Vertikal- in die Horizontalprojektion übertragen, woraus sich dann die elliptischen Lagerfugenkanten der Leibungsfläche im Grundriß Fig. 3 und 2, und hieraus auch im Aufriß Fig. 1 verzeichnen lassen.

In Fig. 3 sind die schwalbenschwanzförmigen Schichten A u. B (durch Umklappen der Lagerfugenebenen in die Horizontalprojektion) in ihrer wirklichen Gestalt dargestellt; das notwendige „Verschnäbeln“ der Steine ist, damit sie sich der Gewölbeleibungsfläche anschmiegen, deutlich erkennbar.

Scheitrechte Gewölbe, die nur selten und bei geringen Spannweiten zur Ausführung kommen, werden ausschließlich auf Kufmauerung hergestellt, wobei als Material Backsteine oder besser Hausteine verwendet werden, da letzteren die passendste Form durch Bearbeitung gegeben werden kann. Die Möglichkeit der entsprechenden Bearbeitung der einzelnen Gewölbesteine gestattet aber bei Werksteinen auch eine andere Gestaltung der Lagerebenen, wie z. B. nach spiralförmig gewundenen Ebenen; solche scheitrechten Gewölbe in vollendeter Steintechnik finden sich in der Kirche St. Sulpice in Paris, Fig. 574, die eine Spannweite von

Fig. 574.



etwa 3 m besitzen, und zwischen Architrave gespannt sind, die aus scheitrechten Bogen bestehen.

§ 7.

Spezielles über das Kappengewölbe.

Dieses Gewölbe, das wir schon in Fig. 508 seiner Form nach kennen gelernt haben, findet eine ausgedehnte Anwendung, insbesondere in Gegenden, wo der Backstein das Hauptmaterial bildet. Die Herstellung des Gewölbes ist einfach und besonders zur Überwölbung größerer Räume durch Zusammenstellung geeignet. Es besteht aus einer Verbindung flacher, durch Mauerbogen getragener und getrennter Tonnengewölbe.

Um unter den einzelnen Kappengewölben möglichst viel nutzbare Höhe zu erhalten, macht man sie sehr flach; und um dies ohne Gefahr thun zu können, giebt man ihnen auch eine nur geringe Spannweite. Diese beträgt 3—5 m. Als Pfeilhöhe nimmt man $^1/_6$—$^1/_{10}$ der Spannweite.

Als Widerlager für diese Kappengewölbe dienen Mauerbogen, deren innere Scheitel wenigstens 6—9 cm unter der Kämpferlinie der Kappen liegen sollen, um einschneidende Schilde zu vermeiden. Die Verwendung der Gurtbogen als Widerlager bedingt eine Tiefe derselben von mindestens $1^1/_2$ Stein bei Backsteinen und 30 cm bei natürlichen Steinen. Die Stärke macht man nicht gern geringer als 2 Stein oder 0,45 m bei Bruchsteinen; doch hängt

diese auch von der Spannweite der Gurtbogen ab. Zuweilen dienen die Gurtbogen aber nicht allein als Widerlager für die Kappen, sondern zugleich auch als Unterstützungen darüber stehender Mauern, und dann müssen sich ihre Abmessungen nach denen der Mauern richten. Der Bogenlinie der Gurtbogen giebt man gewöhnlich eine Pfeilhöhe von $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{6}$ der Spannweite, und bildet sie als Kreisstücke, Ellipsen oder Korbbogen. Wo indessen die Gurtbogen nur als Widerlager für die Kappen dienen und hinreichend starke, oder gut verankerte Widerlager vorhanden sind, vermindert man ihre Pfeilhöhe wohl bis auf $\frac{1}{8}$ der Spannweite.

Als Material für die Kappen ist im allgemeinen der Backstein anzunehmen; doch lassen sich auch recht lagerhafte Bruchsteine verwenden; nur wird man dann die Pfeilhöhe der Kappen nicht unter $\frac{1}{8}$ der Spannweite, und ihre Stärke nicht unter 20—25 cm annehmen dürfen. Bei Backsteinen beträgt diese Stärke gewöhnlich nur $\frac{1}{2}$ Stein, und man legt bei sehr langen Kappen zur Verstärkung in einer Entfernung von 1—2 m 1 Stein starke (im Rücken vorspringende) Gurten an, wenn deren Entfernung voneinander nicht durch besondere Umstände anders bestimmt wird, Fig. 548.

Die Gurtbogen werden gewöhnlich ebenfalls aus Backsteinen konstruiert; deren Steinverbände sind in den Fig. 1—10, Taf. 42, gegeben.

Doch können auch Bruchsteine und Hausteine verwendet werden, und namentlich die letzteren sind bei geringer Pfeilhöhe der Gurtbogen vorzuziehen.

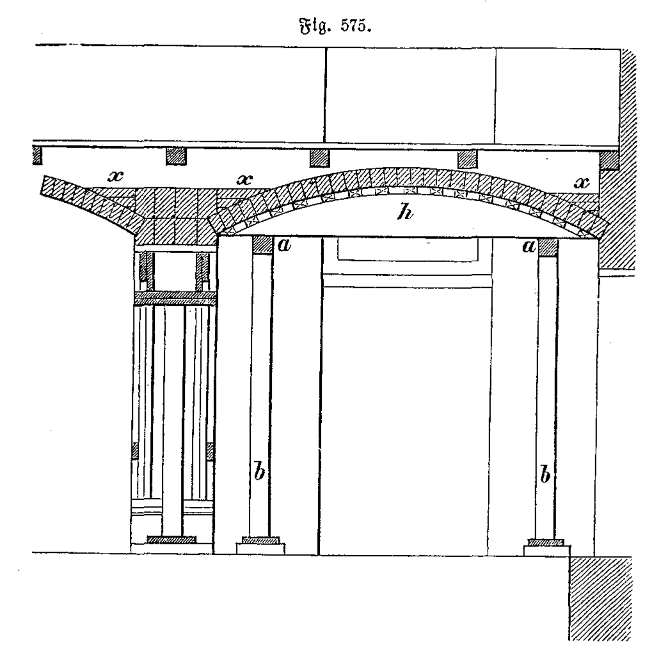
Soll ein größerer Raum, etwa das Untergeschoß eines Gebäudes, mit Kappengewölben überdeckt werden, so ist zunächst die Einteilung für die Kappen zu machen, wobei darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß die Fenster möglichst in die Stirnmauern zu liegen kommen.

Zuerst bestimmt man die Stellen für solche Gurtbogen, die entweder der Einteilung des Raumes, seines Zweckes wegen, oder für die Unterstützung darauf stehender Mauern und Wände notwendig sind, und dazwischen die, welche nur als Widerlager für die Kappen dienen sollen. Letztere werden, wie oben bemerkt, in Entfernungen von 3—5 m angeordnet; doch nimmt man hierbei auch gern darauf Rücksicht, daß die Achsen der Kappen auf die Mitten der Fenster in den Umfassungsmauern treffen, weil man so den Fenstern die größte Lichthöhe geben kann. Ferner vermeidet man gern eine zu verschiedene Spannweite der einzelnen Kappen, bestimmt aber die Pfeilhöhe aller gewöhnlich nach der größten. Die Umfassungsmauern des zu überwölbenden Raumes dienen teilweise als Widerlager für die Gurtbogen, und wenigstens zwei davon auch als solche für die Kappen. In den meisten Fällen wird die Stärke der Umfassungsmauern, die für die Aufnahme der lotrecht wirkenden Belastungen erforderlich ist, auch hinreichen, um den geringen Seitenschub der Kappen aufzunehmen. Als Widerlager für die Gurtbogen werden sie dagegen meistens zu schwach sein, und man ordnet deshalb Verstärkungen an, die nach dem Innern des Raumes pfeilerartig vorspringen.

Diese Pfeilervorsprünge ordnet man auch deshalb an, um zu große Spannweiten für die Gurtbogen zu vermeiden. Auch kann man bei zu großen Spannweiten, oder wenn die Gurtbogen zu flach ausfallen würden, und es die Benutzung des Raumes erlaubt, dieselben durch zwischen gesetzte Pfeiler in zwei oder mehrere teilen, so daß man sehr große Räume mit Kappengewölben überdecken kann.

Gurtbogen und Kappen werden erst nach Eindeckung des Gebäudes ausgeführt und nur diejenigen Gurtbogen, auf welche Mauern zu stehen kommen, die mit den übrigen des Gebäudes im Zusammenhange aufgeführt werden, müssen natürlich sogleich eingewölbt werden. In diesem Fall ist es aber notwendig, die Einrüstung der Gurtbogen so lange stehen zu lassen, bis die als Widerlager dienenden Mauern ihre ganze Belastung erhalten haben.

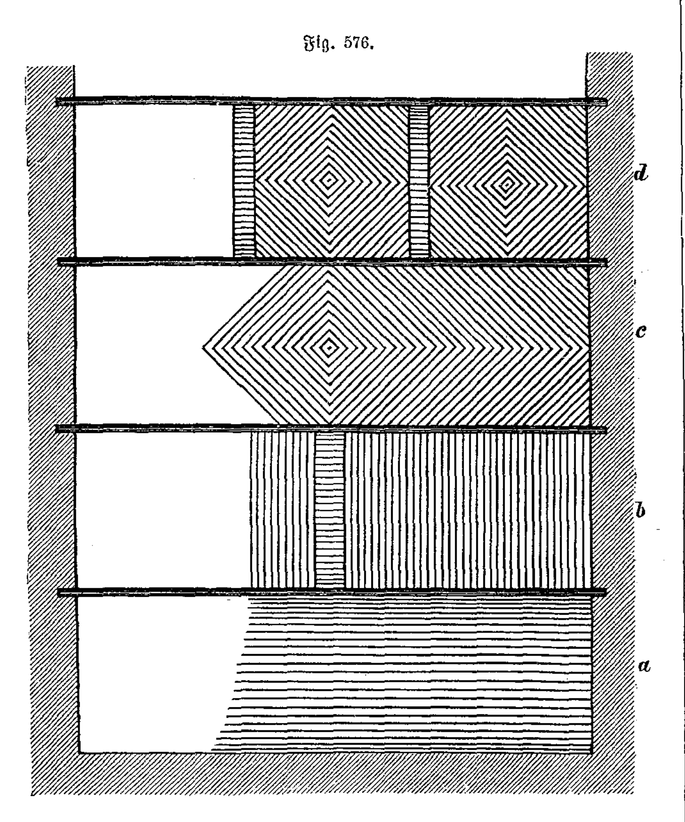
Fig. 575.



Sind alle Gurtbogen aufgeführt, so werden die Kappen eingerüstet. Dies geschieht bei allen denen, deren Achsen parallel laufen, gleichzeitig, damit der durch die Kappengewölbe hervorgebrachte Seitenschub auf die Enden der ganzen Kappenreihe beschränkt wird. Soll aus irgend einem Grunde eins oder mehrere der Kappenfelder leer bleiben, so müssen diese gegen die eingerüsteten abgestützt werden, damit keine nachteiligen Verschiebungen der Gurtbogen stattfinden können. Denn diese können wohl die

lotrecht wirkende Last, welche aus zwei auf einem gemeinschaftlichen Widerlager aufsitzenden Kappen entspringt, tragen, aber nicht einseitig als Widerlager dienen. Die Einrüstung der Kappen besteht aus Gewölbescheiben, die mit Dachlatten oder Schaldielen eingeschalt werden. Die Anordnung ist in Fig. 575 und auf Taf. 44 dargestellt, und zwar in Fig. 1 die Seitenansicht eines Gurtbogens, der hier nach einem Korbbogen gewölbt ist, und in Fig. 2 der Grundriß, wobei eine Kappe auf Kuf, die andere schwalbenschwanzförmig eingewölbt angenommen ist; die letztere verdient den Vorzug, doch darf dabei nicht übersehen werden, die Scheitellinie der Kappen von den Stirnen nach der Mitte zu um einige Centimeter steigen zu lassen.

Fig. 576.



Sehr einfach gestaltet sich die Kappenwölbung, wenn die in vielen Fällen immerhin raumbeengenden Gurtbogen wegfallen und die Kappen zwischen I-Schienen eingespannt werden, deren Stärke sich jeweils nach der Belastung richtet und nach den bekannten Formeln der Biegungsbeanspruchung zu ermitteln ist.

Die Einwölbung erfolgt:

1. Auf Kuf, Fig. 576a, die auf Rutschbogen ausgeführt werden kann, wobei die Stirn einer jeden ausgeführten Zone mit Verzahnung anzuordnen ist, um den nötigen Verband zu erreichen. Bei vollen Mauern können die die Rutschbogen tragenden oben glatt gehobelten Rahmhölzer mit langen Haken an der Wand befestigt werden, Fig. 577, während bei den Trägern die Unterstützung durch Hängeeisen, Fig. 577a, oder durch Scherenklauen, Fig. 578, erfolgt, die in etwa 2 m Abstand an die Träger aufgehängt werden und die Holme tragen.[1])

Fig. 577. Fig. 577a.

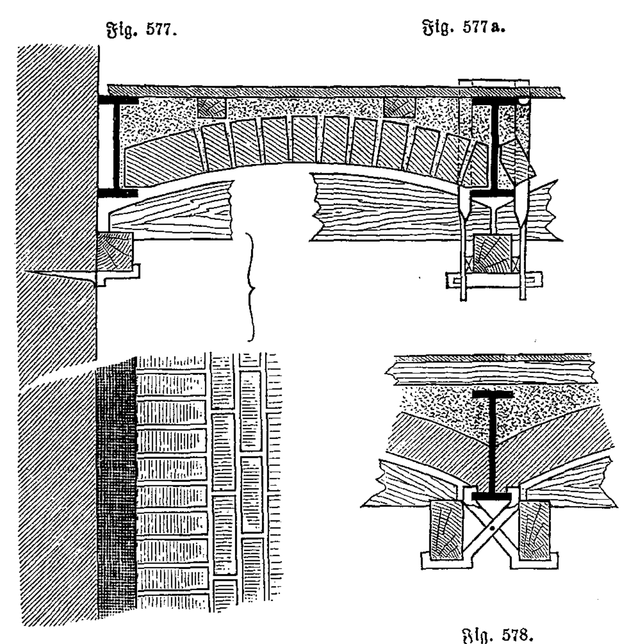
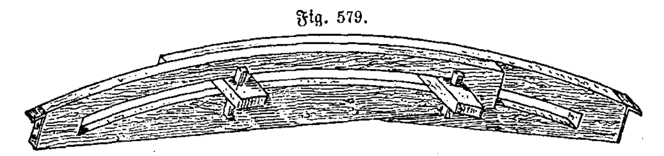


Fig. 578.

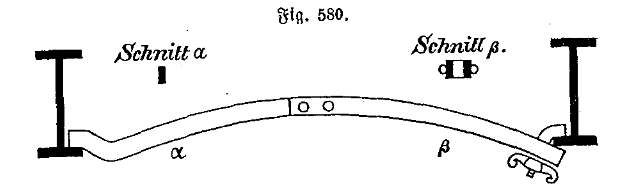
Statt der gewöhnlichen Gewölbescheiben, die stets nur für ein- und dieselbe Fachweite verwendet werden können, empfiehlt sich die Benutzung verdoppelter Bogen nach Fig. 579, die gegeneinander verschoben und daher für verschiedene Spannweiten eingestellt werden können.

Fig. 579.



Noch einfacher als die Einrüstung mit Haken und hölzernen Lehrbogen sind die eisernen Lehrbogen, Fig. 580, die für Spannweiten von 85—140 cm

Fig. 580.

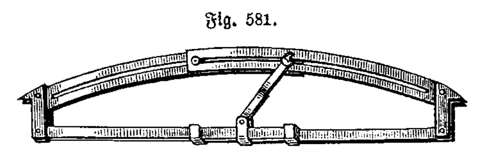


verwendbar sind. Der Bogen besteht in der einen Hälfte aus 3 × 1 cm starken Flacheisen, das mit dem

1) Siehe auch Fig. 899 u. 900. Ferner: Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 127 u. 639 und Deutsche Bauzeitung 1898, S. 51, u. 1901 S. 414, 650.

umgebogenen Ende auf den unteren Flansch gelegt wird; die andere Hälfte ist aus 2 Flacheisen gefertigt mit einem Zwischenraume von 2,5 cm. In diesem ist ein Haken verschiebbar, der mit einer Flügelmutter versehen ist und auf den Unterflansch der anderen Schiene aufgelegt und festgeschraubt wird. Fig. 581 zeigt eine etwas andere Gestaltung solcher eisernen verschiebbaren Lehrbogen.[1])

Fig. 581.

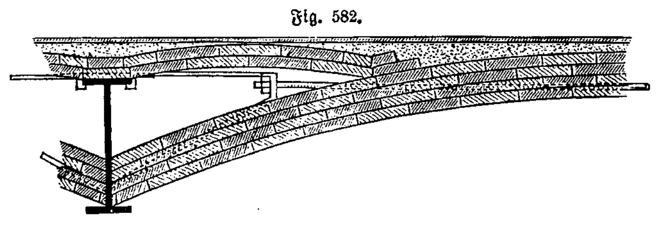


Die Einrüstung mit diesen eisernen Lehrbogen ist die denkbar einfachste und billigste, da kein Zuschneiden von Lehrbogen, Verschnitt an Rüstholz und keine Ausgaben für Aufstellen des Rüstzeuges erforderlich sind.

Der Anschluß der Kufwölbung an die Schienen erfolgt entweder durch zugehauene oder durch geformte Steine, oder durch eine keilförmige Mörtel- oder Betonschicht, oder durch Rollschichten, wodurch man die kleinen Zwickelsteine vermeidet; Fig. 576 u. 577 zeigen diese drei verschiedenen Anordnungen.

2. Auf Ringwölbung (Mollersche Wölbung) auf Haken mit Rutschbogen oder auf eisernen Lehrbogen, Fig. 576b.
3. Auf Schwalbenschwanz, auf voller Einschalung oder aus freier Hand auf einzelnen Lehrbogen, wobei die Schichten unter 45 Grad gegen die Widerlager geneigt sind, Fig. 576c. Bei langen Feldern empfiehlt sich die in Fig. 576d dargestellte Konstruktion, bei der die Fläche zwischen den Trägern durch Gurte geteilt und jeder Zwischenraum als Kappe für sich auf Schwalbenschwanz eingewölbt wird.
4. Mit flachliegenden Schichten von Thonplatten, wie sie der amerikanische Architekt Guastavino in vielen Gebäuden zur Ausführung gebracht hat,[2]) Fig. 582.

Fig. 582.



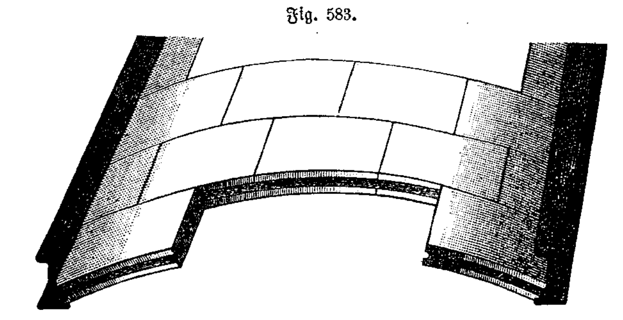
Die Wölbung wird mit gebrannten Thonplatten von 30 × 15 × 2,5 cm Größe ausgeführt, die unterste Schicht in einem schnell bindenden, die übrigen in gewöhnlichem Cementmörtel verlegt. Um das durch das Ausfüllen der Zwickel entstehende Gewicht zu vermindern, sind durch Aufsetzen von kleinen Kappen in den Bogenzwickeln Hohlräume gelassen. Die Verankerung ist aus Rundeisen und Flacheisen so angeordnet, daß sie leicht gespannt werden kann, ganz im Mauerwerk liegt, also dem Feuer nicht ausgesetzt ist, und den Träger in ganzer Höhe faßt.

Diese Kappen werden bei $^1/_{10}$ Pfeilverhältnis bis zu 12,2 m Spannweite ausgeführt, wobei die Anzahl der Plattenschichten von 2—6 steigt. Die Tragfähigkeit soll bei 10facher Sicherheit betragen:

bis 1,5 m	—	2 Plattenschichten,	4800 kg	pro	qm
1,5 „ 3,7 „	—	3 „	3000	„	„
3,7 „ 4,9 „	—	4 „	3000	„	„
4,9 „ 6,1 „	—	5 „	3000	„	„
6,1 „ 7,3 „	—	6 „	3000	„	„

Solche Schienenwölbungen mit flachliegenden Steinen, die sich besonders für Stallgebäude u. dergl. eignen, lassen

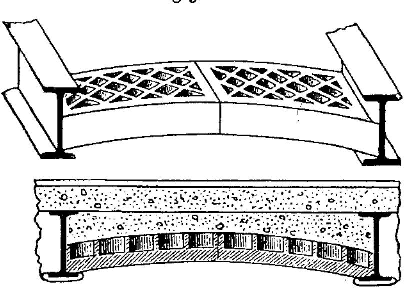
Fig. 583.



sich vorteilhaft auch mit den Flachhohlsteinen der Gebr. Gilardoni in Altkirch (Elsaß) ausführen, Fig. 583; passende Schienenweiten sind:

56	cm	für	2 Steine
70	„	„	$2^1/_2$ „
84	„	„	3 „
98	„	„	$3^1/_2$ „
112	„	„	4 „
125	„	„	$4^1/_2$ „

Fig. 584.



Die Steine, die mit Cementmörtel vermauert werden bleiben in der Leibungsfläche sichtbar, während der Rücken mit einem Cement- Gips- oder Lehmstrich übertragen wird.

1) Siehe auch Deutsche Bauzeitung 1901, S. 524.
2) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 3. Hft., S. 67.

Ähnliche Ausführungen lassen sich mit besonders geformten Cementsteinen (gebogenen Cementdielen), Fig. 584,[1]) herstellen.

Bei Ausführung der Wölbung sind die nebeneinander liegenden Kappen gleichzeitig einzurüsten, bezw. einzuwölben, oder die anstoßenden leeren Gewölbefelder abzuspreizen, um einem Ausbiegen der Träger durch den Seitendruck der fertigen Kappen vorzubeugen.

Vielfach ist die gewölbte Unterfläche der Fache nicht erwünscht und es tritt die Aufgabe auf, die massive Decke mit ebener Untersicht herzustellen; siehe hierüber § 30 und 31.

§ 8.
Einwölbung der Stichkappen.

Die Anlage der Stichkappen wurde bereits im § 4 im allgemeinen besprochen, und wir wollen nunmehr die Konstruktion im einzelnen kennen lernen. Die Stichkappen können horizontal, steigend oder fallend, nach Cylinder-, konischen, Kegel- und Kugelflächen angeordnet werden; welche dieser Formen zu verwenden ist, muß in jedem einzelnen Fall nach den besonderen Umständen bestimmt werden, und zwar wird entweder die Leibungsfläche der Stichkappe angenommen und hiernach die Durchdringungskurve ermittelt, oder es wird diese letztere festgelegt und daraus die Leibungsfläche der Stichkappe abgeleitet. Da die Bestimmung der Durchdringungslinien oder die Ableitung der Gewölbeleibungsflächen in einfacher Weise nach bekannten Lehren der darstellenden Geometrie erfolgen kann, so können wir uns in dieser Beziehung auf kurze Andeutungen beschränken, so daß wir in erster Linie die Art und Weise der Ausführung ins Auge zu fassen haben.

a) Cylindrische horizontale Stichkappen.

In Fig. 519 u. 519a sind bereits solche Stichkappen dargestellt, deren Achsen mit der Achse der Haupttonne in derselben Ebene liegen. Wird die Bogenlinie angenommen, so ergeben sich mit Hilfe von horizontalen Schnittebenen, die beide Cylinder in Mantellinien schneiden, eine beliebige Anzahl Punkte m der Durchdringungskurve und durch deren Verbindung diese Kurve a b c selbst, Fig. 519. Wird die Durchdringungslinie, z. B. d s e, Fig. 519a, angenommen, so kann in derselben Weise die die Stichkappe bildende Bogenlinie ermittelt werden.

Liegen die Achsen der beiden sich durchdringenden Cylinder in verschiedenen Ebenen, Fig. 585, so wird dadurch an der Art der Ermittelung der Kurven nichts geändert.

Die Ausführung erfolgt in der Regel für Haupttonne und Stichkappe gleichzeitig auf Kufwölbung derart, daß sich die Haupttonne auf die entsprechend zugehauenen Steine

Fig. 585.

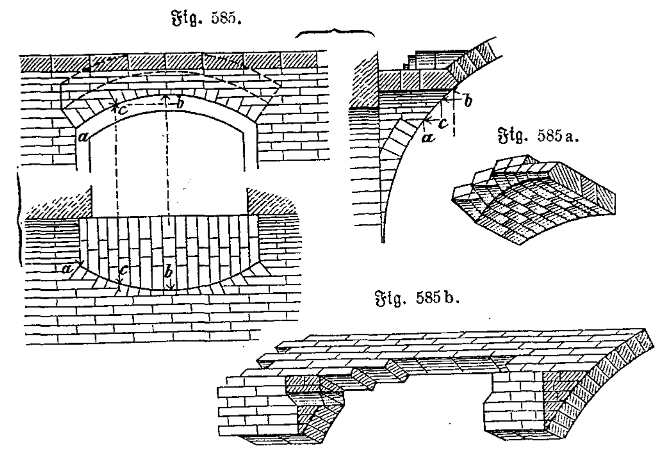
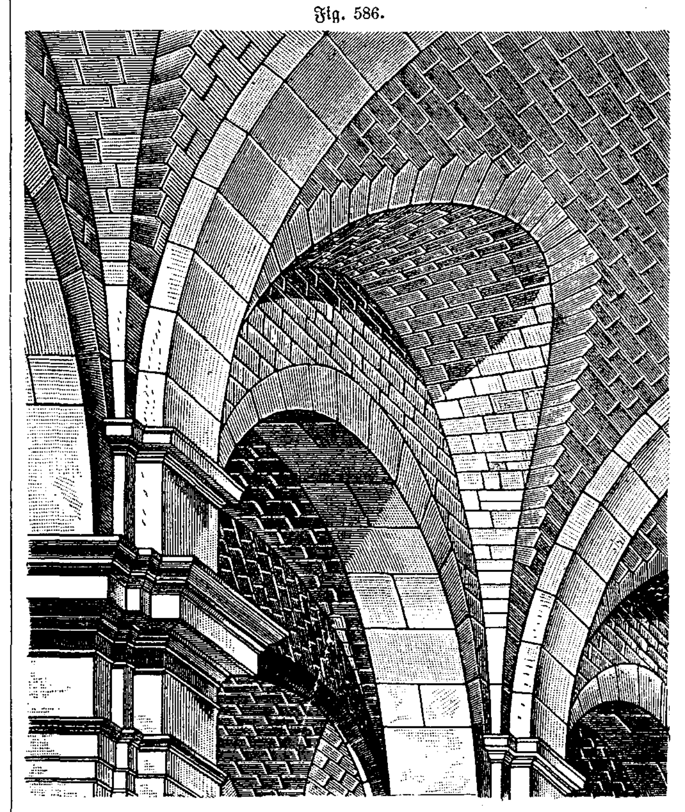


Fig. 585a.

Fig. 585b.

der Stichkappe aufsetzt. Die Gewölbeschichten der Stichkappe werden dabei in der Leibungsfläche der Tonne sichtbar, und zwar entweder in der Weise, wie dies Fig. 585 im Grundriß, Aufriß und Schnitt, Fig. 585a in isometrischer Projektion der Kappe, und Fig. 585b in

Fig. 586.



isometrischer Projektion der Haupttonne (mit Wegnahme der Stichkappe) zeigen, wobei die Schichten gegenseitig ineinander eingreifen, wie dies auch Fig. 586 [1]) für ein

---

1) System Stolte.

1) Aus der Jesuitenkirche in Heidelberg, nach Gladbach.

Bruchsteingewölbe darstellt, oder nach der in Fig. 876 gegebenen Anordnung, bei der die Stichkappe in voller bogenförmiger Begrenzung in der Hauptleibung erscheint.

Fig. 587.

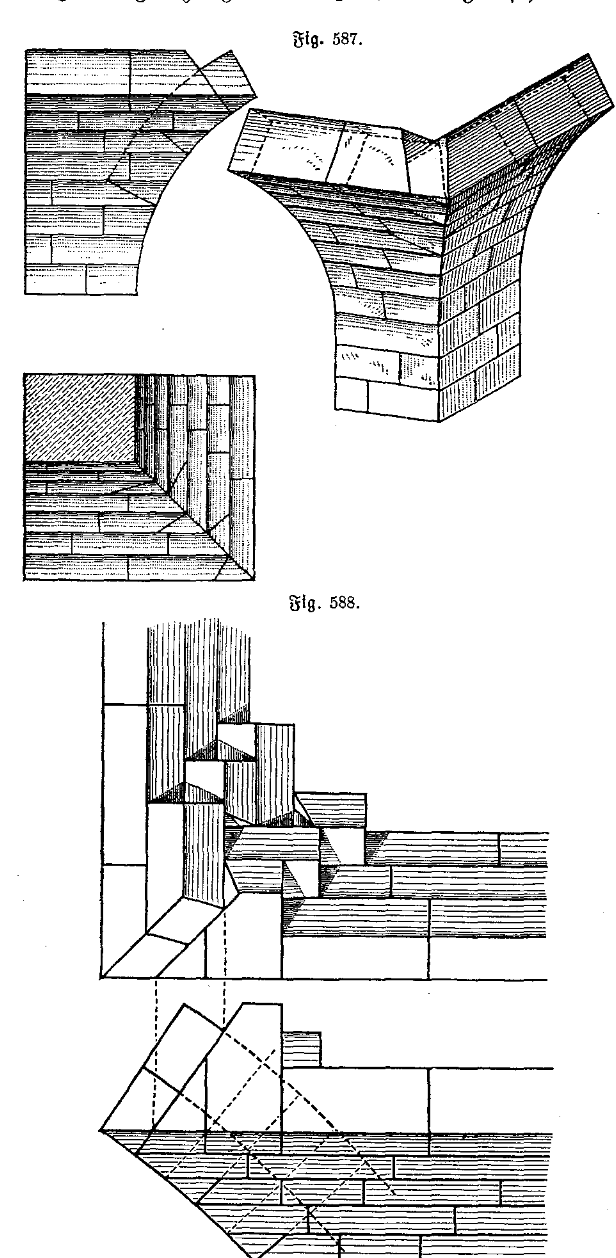


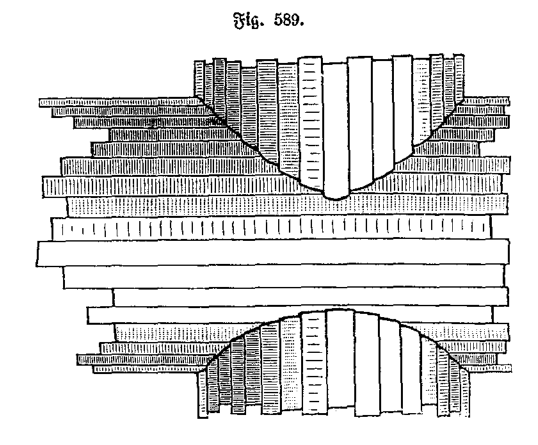
Fig. 588.

Bei kleinen Kappen erfolgt häufig die Ausführung in der Weise, daß zunächst die im Hauptgewölbe auszusparende Öffnung mit einem im Gewölbe liegenden Bogen überspannt wird; die Stichkappe wird dann später nach Vollendung des Hauptgewölbes in kuf- oder besser in schwalbenschwanzförmigen Schichten für sich ausgeführt, so daß die gleiche Ausführungsweise entsteht, wie sie in Fig. 591 für eine fallende cylindrische Stichkappe dargestellt ist.

Wenn sich die beiden Tonnen in geraden, unter 45 Grad laufenden Linien durchdringen, so erfolgt die Wölbung am besten gleichzeitig für beide Tonnen im Verbande derart, daß die Schichten abwechselnd in die andere Tonne hinübergreifen, wie dies in den Leibungsansichten in Fig. 587 für 1/2 Stein starke Gewölbe im Grundriß, Aufriß und in einer isometrischen Projektion dargestellt ist. Da der Grat aber den Druck der anschließenden Gewölbeteile aufnehmen und auf das Widerlager übertragen muß, deshalb statisch von Wichtigkeit ist, so ordnet man gerne eine Gratverstärkung an; eine solche ist in Fig. 588 im Aufriß und in einer Aufsicht auf die Rücken- und Lagerfugenfläche verdeutlicht und wird einer weiteren Erläuterung nicht bedürfen.

Die Ausführung erfolgt auf einer Einschalung, die so angeordnet ist, daß die Schalbretter der Stichkappen auf die durchlaufenden Schalbretter der Haupttonne aufgesattelt werden, indem man sie wagerecht über die Lehrbogen des Schildes vorschiebt, bis sie an die Hauptschalung anstoßen, Fig. 589.

Fig. 589.



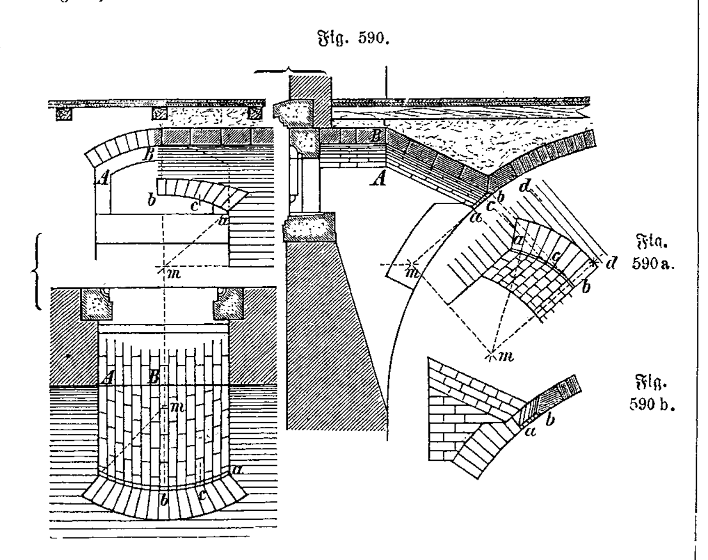
b) Fallende cylindrische Stichkappe.

Bei Kellerfenstern wird es in den meisten Fällen notwendig werden, die Verbindung zwischen dem kreisförmigen Nischenbogen des Fensters und dem Tonnengewölbe durch eine fallende Stichkappe zu bewirken, da horizontale Schilde zu weit in das Hauptgewölbe einschneiden würden.

Nachdem der Nischenbogen AB festgelegt ist, Fig. 590, bestimmt man je nach der Raumtiefe und je nach den Anforderungen, die an die Beleuchtung des Raumes gestellt werden, die fallende Scheitellinie Bb, und parallel hierzu die Kämpferlinie Aa. Die Durchdringungskurve kann wieder durch Mantellinien ermittelt werden; da jedoch diese Kurve von einer Kreisbogenlinie nicht wesentlich abweicht, so vereinfacht man das Verfahren, indem man durch den Scheitelpunkt b und die beiden Kämpferpunkte a eine Ebene

legt und nunmehr in dieser den Kreisbogen a b a aus dem Mittelpunkte m verzeichnet, wie dies in der Umklappung, Fig. 590 a, für die halbe Stichkappe geschehen ist. Nach dieser Bogenlinie a b wird auf einer auf die Schalung der Haupttonne aufgelegten Bogenschablone ein entsprechend starker, im Gewölbe liegender Backsteinbogen zwischen den Gewölbestirnen eingewölbt, so daß er die Öffnung begrenzt, den Gewölbeschub aufnimmt und ein Abgleiten der nachträglich einzuwölbenden Schildkappe verhindert. In Fig. 590 b ist der Bogen a b mit der Zwickelaufmauerung und dem Widerlager (der Wange) für die Schildkappe vor deren Ausführung dargestellt. Nachdem in der Umklappung, Fig. 590 a, die wirkliche Gestalt des Bogens festgelegt ist, können die Projektionen im Grundriß, Aufriß und Schnitt verzeichnet werden.

Fig. 590.

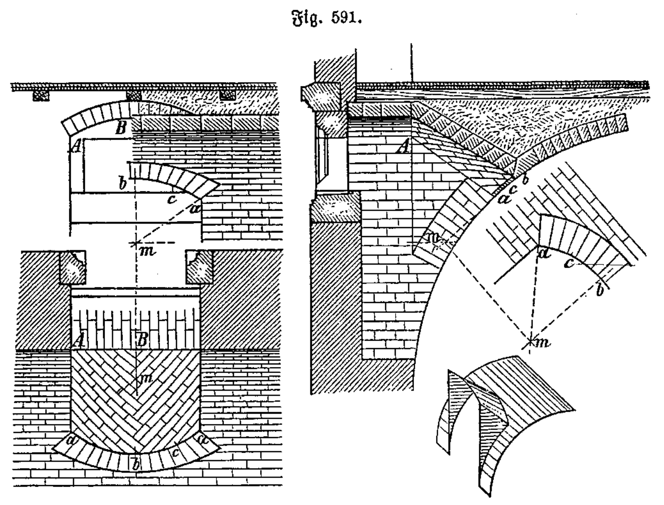


Die Einwölbung der Stichkappe kann in Kuf auf Einrüstung, wie in Fig. 590, oder besser auf Schwalbenschwanz, nach Fig. 591, erfolgen, da hierzu keine Einrüstung erforderlich ist, und die Ausführung ganz aus freier Hand geschehen kann.

c) Fallende konische Kappe mit zunehmender Pfeilhöhe.

Der Nischenbogen A B wird in vielen Fällen nur geringe Pfeilhöhe erhalten können, da häufig zwischen der Leibung des Kellerfenstersturzes und der Bodenebene des Erdgeschosses nur eine geringe Konstruktionshöhe zur Verfügung steht. Bei Annahme einer cylindrischen Stichkappenfläche wird dann aber auch der tragende Gewölbebogen a b sehr flach, was im Hinblick auf seine statische Wichtigkeit nicht erwünscht ist. Man wählt deshalb gewöhnlich die Pfeilhöhe des Bogens a b unabhängig von derjenigen des Nischenbogens A B und etwa gleich $^1/_4$ der Spannweite, und läßt die Mantelfläche der Stichkappe nun in der Art entstehen, daß sich die Linie A a über die Bogenlinien A B und a b so fortbewegt, daß sie in der Horizontalprojektion stets parallel zu sich selbst bleibt, Fig. 591. Bei der so gebildeten Leibungsfläche nimmt die

Fig. 591.



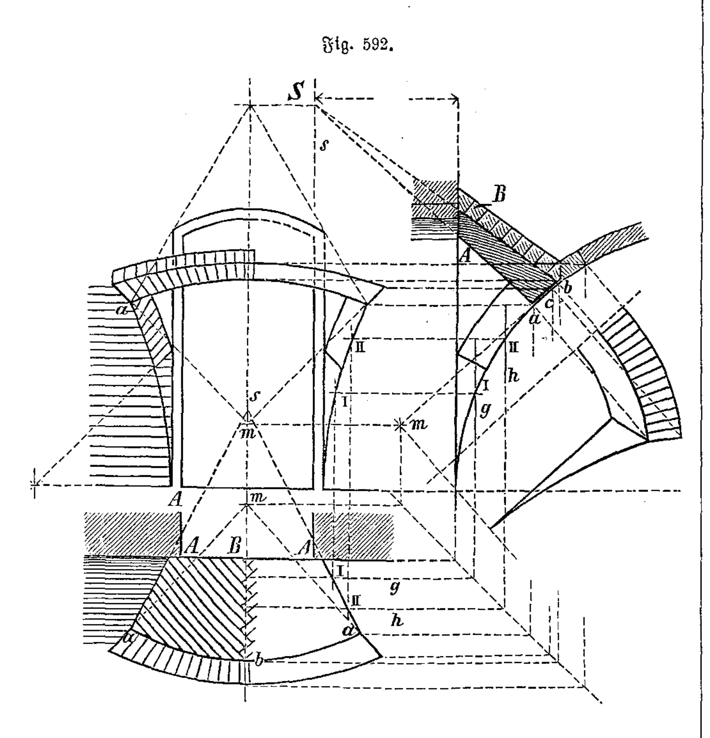
Pfeilhöhe der Bogenlinien von A nach a bei gleicher Spannweite stets zu und erreicht das Maximum in a b. Die Ausführung bietet keine Schwierigkeiten, da jede beliebige abwickelbare oder unabwickelbare Gewölbefläche mit schwalbenschwanzförmigen Schichten dargestellt werden kann. Kufwölbung ist nicht zu empfehlen und auch mit Schwierigkeiten verbunden, da die einzelnen Kufschichten keilförmig werden und deshalb mehr oder weniger starken Verhau der Backsteine erforderlich machen würden.

d) Fallende kegelförmige Kappe.

Werden die Gewölbeausschnitte mit Verkleifungen angeordnet, so daß die lotrechten Wangenebenen A a nicht mehr normal auf der Mauerflucht stehen, sondern sich in einer senkrechten Linie s schneiden, Fig. 592, so verwendet man zur Bildung der Stichkappe eine Kegelfläche. Zur Bestimmung des Kegels verlängert man die Scheitellinie B b, die den Verhältnissen entsprechend angenommen wird, bis zum Schnitte S mit der Senkrechten s, so giebt S die Spitze des Kegels und somit S A a die Widerlagslinie. Mit Hilfe von Mantellinien des Kegels kann die Durchdringungskurve a b a ermittelt werden. Da diese jedoch von einer Kreislinie nicht wesentlich abweicht, so wird, wie bei der cylindrischen Stichkappe, durch die beiden Widerlagerpunkte a und den Scheitelpunkt b der Kreisbogen a b a verzeichnet; der Bogen selbst wird wieder auf einer hiernach ausgeschnittenen Bogenschablone ausgeführt, und die Kappe auf Schwalbenschwanz, Fig. 592, oder auch nach

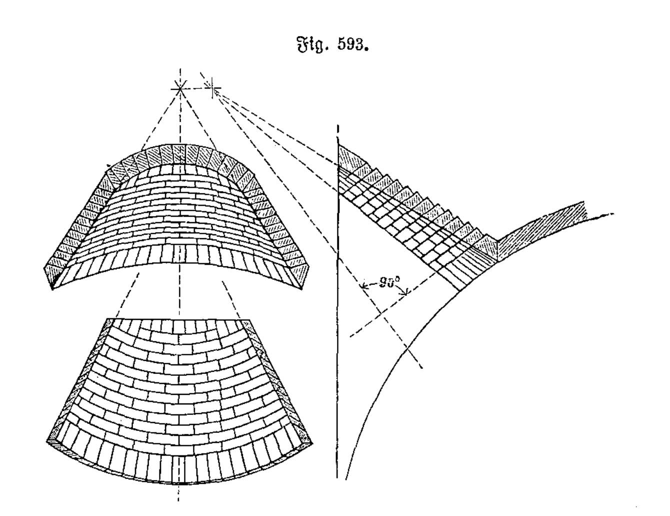
ringförmigen Schichten, Fig. 593, eingewölbt. Doch läßt sich die Kappe auch mit Kufschichten herstellen, wenn die stark keilförmige Scheitelöffnung mit Ringschichten geschlossen wird, wie dies ähnlich die Schildkappe, Fig. 597, zeigt.

Fig. 592.



Alles Nähere dürfte aus den Zeichnungen zu entnehmen sein. Es soll nur noch bemerkt werden, daß die lotrechten Leibungsflächen die Haupttonne in Ellipsen

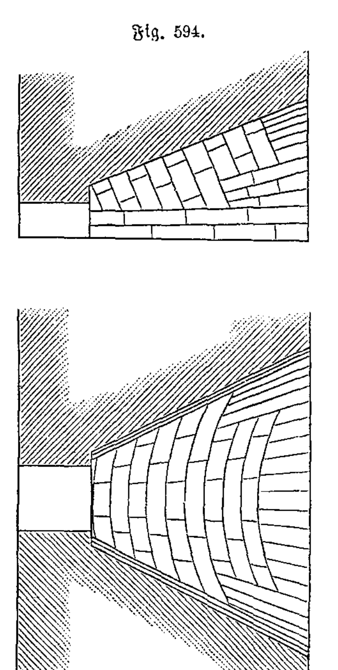
Fig. 593.



schneiden, von denen eine beliebige Anzahl von Punkten I, II, . . . durch lotrechte zur Mauerflucht parallele Ebenen g, h, . . . in einfacher Weise ermittelt werden können.

Kegelförmige horizontale Stichkappen können genau ebenso auf Schwalbenschwanz oder mit Ringschichten, Fig. 594, oder auf Kuf mit Ringschichten im Scheitel nach Fig. 597 eingewölbt werden.

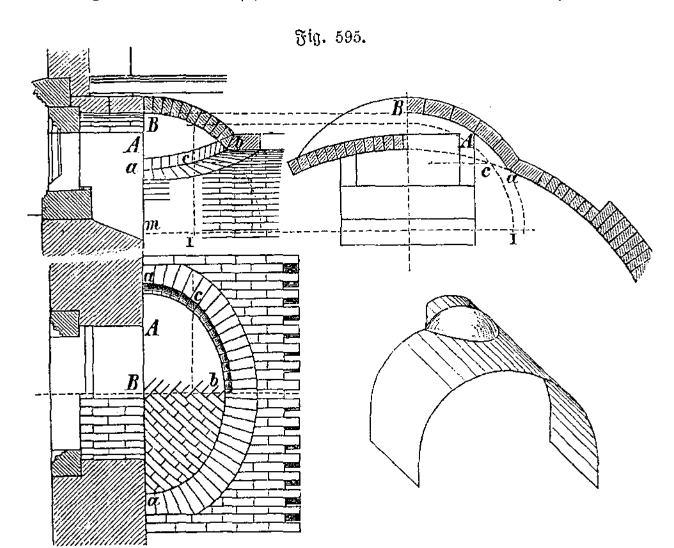
Fig. 594.



e) Kugelförmige Kappe.

Die Anlage von Fenstern in den Schildmauern eines Tonnengewölbes bietet im allgemeinen keine Schwierigkeiten, da man wohl in den meisten Fällen ohne Anwendung von Stichkappen auskommen wird. Solche werden

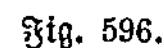
Fig. 595.

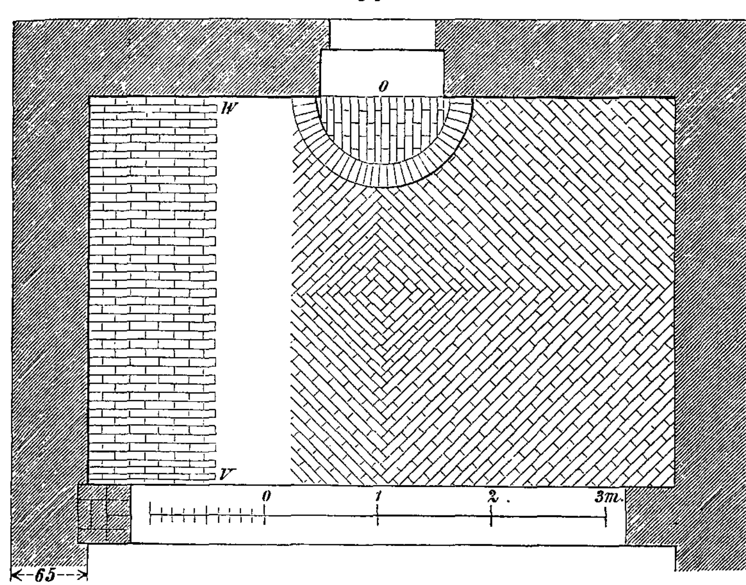


aber notwendig, wenn die Fensteröffnungen wesentlich höher als das anstoßende Gewölbe liegen. Bei Bestimmung der Kappenflächen ist darauf zu achten, daß das ausgeschnittene Gewölbe sicher verspannt wird, was nur durch einen bogenförmigen Ausschnitt zu erreichen ist. Für die Bildung der Stichkappen an den Stirnmauern eignen sich

deshalb am besten die Kugelkappen, doch können auch Cylinder= und Kegelkappen verwendet werden.

In Fig. 595 ist die Konstruktion einer Kugelkappe dargestellt. Es erscheint am einfachsten, den Mittelpunkt m des Nischenbogens A B als Kugelmittelpunkt anzunehmen; der verlängerte Wandbogen schneidet die Tonne in a, der auf der Mauerflucht senkrecht stehende größte Kreis schneidet die Tonne in b, und beliebige Zwischenpunkte c erhält man durch lotrechte zur Mauerflucht parallele Ebenen I, . . ., die Kugel und Tonne in Kreislinien schneiden, deren Durchschnittspunkte c gesuchte Punkte der Durchdringungskurve sind. Die Kappe wird aus freier Hand auf Schwalbenschwanz eingewölbt.


Fig. 596.



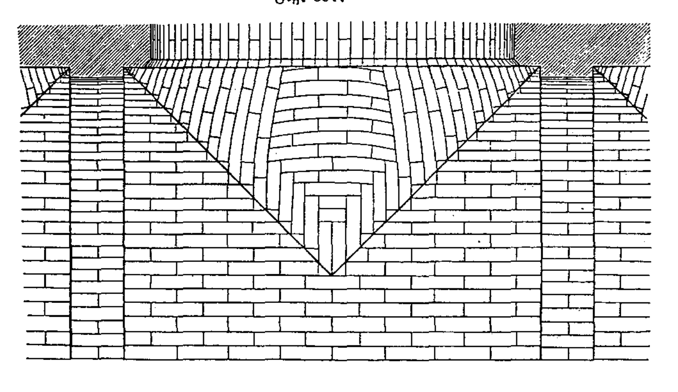
Die Konstruktion bleibt dieselbe, wenn die Fensterachse nicht mit der Gewölbeachse zusammenfällt; es wird nur der im Gewölbe liegende Verspannungsbogen unsymmetrisch werden. Liegt die Kugelkappe auf der Widerlagerseite, so muß der Verspannungsbogen in derselben Weise eingezogen werden, Fig. 596.

f) Steigende cylindrische Kappe.

Werden in architektonisch durchgebildeten Räumen die Tonnengewölbe durch einschneidende Stichkappen belebt, so werden diese gewöhnlich nach der Durchdringungskurve ermittelt, die in der Horizontalprojektion als gerade gebrochene Linie unter 45 Grad angenommen wird, Fig. 597. Die Schildkappe kann dann entweder mit gerade steigender oder mit bogenförmig steigender Scheitellinie gebildet und in verschiedener Weise eingewölbt werden, und zwar:

1. Auf Kuf, wobei die Schichten mit den Kufschichten der Haupttonne nach Fig. 587 zusammenstechen, so daß sich im Grat keine Stoßfugen befinden, diese vielmehr abwechselnd in die Haupttonne und in die Stichkappe zu liegen kommen. Die Kufschichten der Stichkappe lassen jedoch am Scheitel eine keilförmige Öffnung zwischen sich, die am besten mit Ringschichten geschlossen wird, wobei jedoch der Grat durch Kufschichten gebildet wird, die mit den Ringschichten Verband halten, Fig. 597.
2. Mit Ringschichten, wobei auch die Haupttonne mit solchen eingewölbt wird.
3. Auf Schwalbenschwanz, so daß die Lagerebenen normal auf der Gratlinie stehen, s. Taf. 55. Diese Ausführung verdient bei großen Stichkappen und wenn diese die Tonne in kurzen Abständen und in regelmäßiger Folge durchbrechen (Spiegelgewölbe), den Vorzug, da die Einwölbung aus freier Hand, ohne Einschalung, nur mit Hilfe einiger Lehrbogen erfolgen kann.

Fig. 597.



g) Beliebige Durchbrechungen der Tonnen= und Kappengewölbe.

Hier und da werden an beliebigen Stellen der Gewölbe Durchbrechungen erforderlich zur Anlage von Aufzügen, Oberlichtern u. dergl. Diese Öffnungen müssen in ähnlicher Weise wie jene für die Anlage der Stichkappen verspannt werden; Fig. 598 u. 599 geben einige diesbezügliche Anordnungen.

Fig. 598.

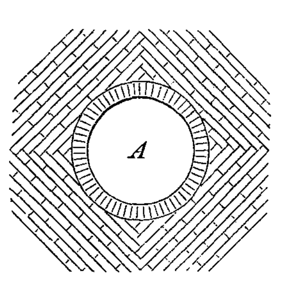
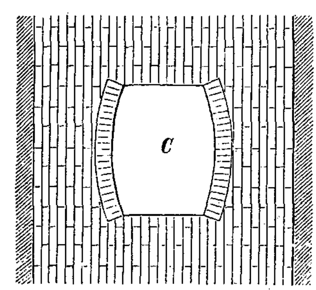


Fig. 599.



§ 9.

Ausführung steigender und ringförmiger Tonnengewölbe.

Werden die Tonnen- oder Kappengewölbe mit steigender Achse angelegt, so kann die Ausführung nach denselben Methoden wie beim geraden Tonnengewölbe erfolgen, und sind besondere Schwierigkeiten nicht zu überwinden. Die Lehrbogen müssen in allen Fällen lotrecht aufgestellt werden, weshalb man auch die erzeugende Bogenlinie nicht nach einem zur Achse normalen, sondern stets nach einem lotrechten Schnitt bestimmt (s. hierwegen Fig. 511).

Liegt die Achse des Gewölbes in einer wagerechten Ebene, bildet aber in der Horizontalprojektion eine Kurve, so werden die Lehrbogen normal auf diese Kurve aufgestellt, so daß ihre Horizontalprojektionen eine strahlenförmige Figur bilden; die Einschalung muß mit biegsamen Latten oder sehr schmalen Brettstreifen geschehen. Die Einwölbung erfordert einige Aufmerksamkeit, und man wird am leichtesten zum Ziele gelangen, wenn man, je nach der Größe des Krümmungshalbmessers der Gewölbeachse, breitere oder schmälere Gurten, von der Stärke des Gewölbes, in normaler Richtung auf die Gewölbeachse und mit Verzahnung (etwa über den Lehrbogen) einwölbt, und dann die entstehenden Zwickel mit immer kürzer werdenden ringförmigen Schichten schließt. Ist der Krümmungshalbmesser für die Gewölbeachse von so bedeutender Größe, daß auf die Länge eines Backsteins die Abweichung der Sehne von dem zugehörigen Bogen beinahe verschwindet, so ist das angedeutete Verfahren nicht nötig, weil man dann mit einiger Aufmerksamkeit die richtige Stellung der Steine leicht erreichen kann.

Ist die Achse des Gewölbes gerade gebrochen, d. h. bildet sie in der Horizontalprojektion irgend ein Polygon, so entstehen Gräte, die zur Hälfte einem Kloster- und zur Hälfte einem Kreuzgewölbe angehören, und wir können daher hinsichtlich des Steinverbandes dieser Gräte auf die Regeln verweisen, die wir bei Beschreibung der genannten Gewölbearten kennen lernen werden.

Derartige Gewölbe sind auf Taf. 45 im Grundriß Fig. 1 und Durchschnitt nach x y, Fig. 2 dargestellt, und zwar besteht die eine Hälfte aus Tonnengewölben von Backsteinen, welche sich, über trapezförmigen Grundfiguren gespannt, aneinander anreihen, während die andere Hälfte, die aus Werkstücken gebildet angenommen ist, im Grundriß die Kreisform zeigt. Das Gewölbe ruht nach innen auf Umfassungsmauern, die einen offenen oder überdeckten Raum umschließen. Wir haben die Konstruktion deshalb hier aufgenommen, um die Zeichnung der Schnittlinien kennen zu lernen, welche durch die Einschnitte wagerechter oder ansteigender Tonnengewölbe — Schilde — von Kreis- oder Spitzbogenform in das Ringgewölbe entstehen. Zu diesem Zweck ist über a b Fig. 1 der halbkreisförmige Durchschnitt des Gewölbes umgeklappt samt den 11 Bogensteinen, welche die Zahl der Gewölbschichten markieren, die im Grundriß verzeichnet sind mit der Scheitellinie t u. Während nun die Schilde A, B, E und F in das Gewölbe eindringen, wird dasselbe von den Schilden C und D durchdrungen. Bekanntlich wird die Schnittlinie zweier wagerechten, ineinander dringenden Cylinder dadurch bestimmt, daß man durch beide horizontale Ebenen legt und die Durchschnittspunkte der entstandenen geraden Schnittlinien sucht. Danach ist die Kurve f g des eindringenden Gewölbes A konstruiert worden, indem man durch die erste und zweite Steinfuge horizontale Hilfsebenen legte, wodurch vier Punkte der Kurve gefunden wurden. Den Scheitelpunkt der Kurve f g erhält man durch Übertragung des Radius c′ d′ nach c d, bezw. durch Annahme einer horizontalen Hilfsebene durch die Scheitellinie des Schildes und des Punktes d des Gewölbes.

Beim Schild B ist der Einschnitt in das Ringgewölbe im Grundriß geradlinig angenommen; um den Aufriß zu zeichnen, wird die Höhe des Punktes m = h i nach h′ i′ gebracht, woraus ersichtlich ist, daß der Schild gegen das Gewölbe ansteigt und nur über k l, Fig. 1, oder k′ l′, Fig. 2, Halbkreisform hat. Um weitere Kurvenpunkte des einschneidenden Schildes B zu erhalten, darf man nur die Höhen der in die angenommene Horizontalprojektion der Kurve einschneidenden Steinschichten des Gewölbes in B abtragen.

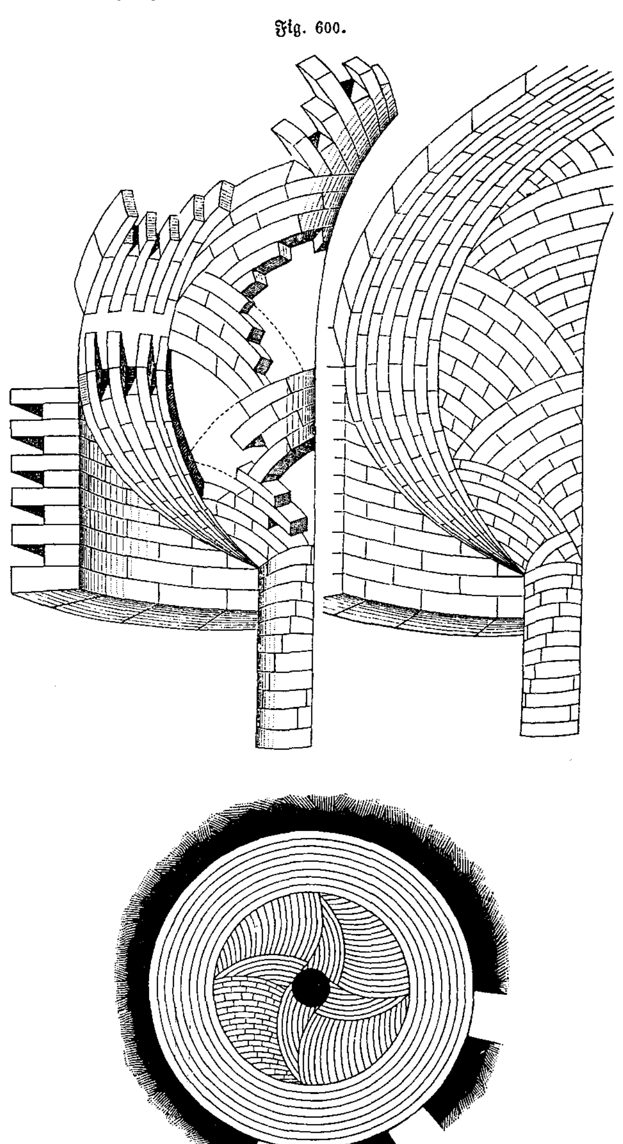
Die Durchdringungskurven der beiden Schilde C und D werden im Grundriß dadurch erhalten, daß man die Halbkreise über p q und o n in ebensoviel Teile — Steinschichten — teilt, wie der Halbkreis a b eingeteilt ist, hierauf die Fugen in den Grundriß bringt und die entsprechenden Schnittpunkte miteinander verbindet. Die Aufrisse der Durchdringungskurven bei C und D erhält man durch Abtragung der Schichtenhöhe über a b, von welchen beispielsweise $t s = t' s' = t^2 s^2$ die Scheitelhöhe der ansteigenden Schilde C und D giebt. In ähnlicher, einfacher Weise sind die übrigen Eindringungskurven zu konstruieren.

Zur Einwölbung des polygonalen Ringgewölbes, die am besten auf Schwalbenschwanz erfolgt, werden Lehrbogen nach den Gratlinien, nach der Mittellinie, und von der Mitte des Trapezes nach den Ecken aufgestellt, die mit Hilfe der Vergatterung leicht zu ermitteln sind, wie dies in einem Felde dargestellt ist und keiner weitern Erläuterung bedarf.

Bildet die Achse des Gewölbes eine Schraubenlinie, ist also das Gewölbe ein schneckenförmiges, so hat die Aufstellung der Lehrbogen gerade keine großen Schwierig-

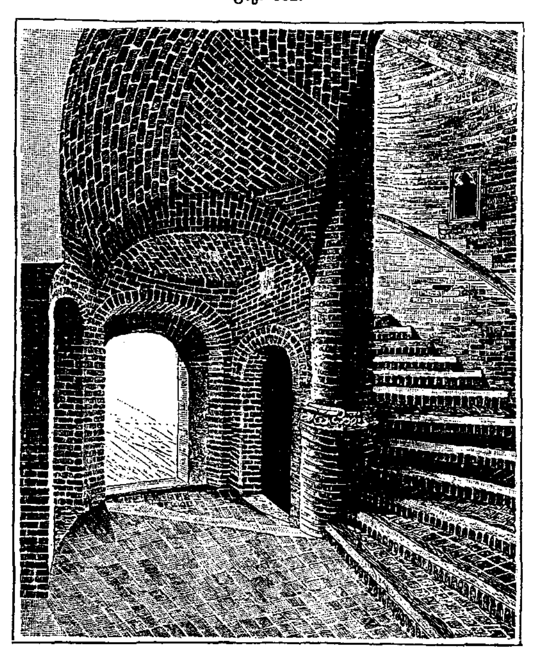
keiten, ebenso die Einschalung, wenngleich beides mehr Aufmerksamkeit erfordert als im vorigen Fall. Für die Aufstellung der Lehrbogen bemerke man nur, daß die Steigung der Gewölbachse, d. h. der Höhenunterschied zwischen den beiden Endpunkten derselben, in ebensoviel gleiche Teile geteilt werden muß, als man Lehrbogen (in gleichen Zwischenräumen) aufstellen will, und daß dann jeder folgende um einen solchen Teil höher zu stellen ist als der vorhergehende.

Fig. 600.



Die Ausführung eines solchen Gewölbes selbst ist mit Schwierigkeiten verknüpft, und wohl die schwierigste von allen. Die Einwölbung einzelner Gurten in möglichst regelmäßigem Verbande wird jedenfalls zum Ziele führen, doch bietet die Spindel mit ihren geringen Abmessungen ein zu geringes Widerlager, um die Wölbung in richtiger Weise aufzunehmen. Deshalb empfiehlt sich eine Wölbung nach Fig. 600[1]) und 601,[2]) wonach die an den Umfassungswänden liegende Gewölbehälfte auf Kuf mit schraubenförmig steigenden Lagerfugen, die innere Hälfte aber aus einzelnen keilförmig gestalteten, schwalbenschwanzartig gewölbten Teilen ausgeführt wird.

Fig. 601.



Die ringförmig steigenden Gewölbe sind auch aus Werksteinen schwer auszuführen, indem die Ausmittelung der Gestalt und die Darstellung der einzelnen Steine zu den schwierigsten Aufgaben des Steinschnittes gehören.

§ 10.

Statische Untersuchung des Tonnengewölbes.

Der statischen Untersuchung der Gewölbekonstruktionen des Hochbaues stellen sich wesentliche Schwierigkeiten entgegen, da in den meisten Fällen die zufällige Belastung wechselt und nicht genau bekannt ist, der Mörtel mit seiner Bindekraft, Erhärtungsfähigkeit und Preßbarkeit nicht mit entsprechenden Koeffizienten in der Rechnung berücksichtigt werden kann und die komplizierten Formen der Gewölbe und die Art der Schichtenführung eine strenge theoretische Behandlung nur schwer zulassen.

Die allgemein angewendeten Methoden laufen auf die Zeichnung der sogenannten Stütz- oder Mitteldruck-

1) Nach Wanderley, Die Konstruktionen in Stein, 1895, S. 318.

2) Monuments historiques, Taf. 75, aus einem alten Hause in Tours.

linien hinaus, die unter gewissen Annahmen die gegenseitige Einwirkung der im Gewölbe herrschenden Kräfte aufeinander graphisch darstellen, und die bei allen größeren Konstruktionen, so insbesondere bei Kirchengewölben u. dergl. ermittelt werden müssen, um hiernach die Stärke der Widerlager oder der Verankerung in einer für die Praxis brauchbaren Weise bestimmen zu können.

Den einfachsten Fall bildet das symmetrische Tonnengewölbe mit horizontaler Achse. Bei der Untersuchung wird zunächst der Einfluß des Bindemittels vernachlässigt, das Material als fest und unpreßbar und die Widerlager als unverrückbar vorausgesetzt; das Gewölbe wird 1 m tief angenommen und es kann wegen der Symmetrie der Gewölbschenkel die Untersuchung auf eine Hälfte beschränkt werden.

Fig. 602.

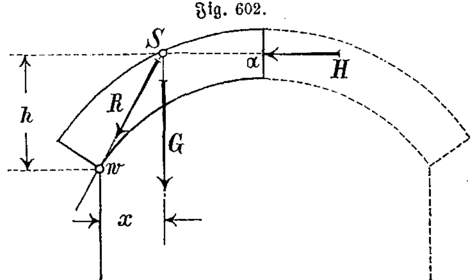


Fig. 602 stelle einen in sich selbst unverschieblich gedachten halben Bogen dar, dessen Gewicht G im Schwerpunkte angebracht sei. Diese Bogenhälfte wird offenbar das Bestreben haben, sich um die Innenkante w zu drehen und in das Lichte zu fallen. Diesem Bestreben, dessen Größe gleich ist dem Gewichte G mal dem Hebelarme x, d. h. gleich dem Momente G . x, wird entgegengewirkt durch das gleich große Bestreben der andern Bogenhälfte. Beide Bogenhälften pressen sich deshalb mit einer gewissen Kraft H, die wegen der Symmetrie des Gewölbes horizontal gerichtet sein muß, und Horizontalkraft genannt wird. Der zunächst unbekannte Angriffspunkt der Horizontalkraft werde in α beliebig angenommen; es wird dann H mit dem Hebelarme h das Moment Hh bilden und dem Gewichtsmoment Gx entgegenwirken. Soll sich das System im Gleichgewicht befinden, so muß sein:

$$Gx = Hh$$

und

$$H = \frac{G \cdot x}{h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

Die Resultierende R aus G und H, die von deren Durchschnittspunkt S ausgeht und nach dem Parallelogramm der Kräfte zu ermitteln ist, muß der Voraussetzung nach durch den angenommenen Drehpunkt w gehen, da die Horinzontalkraft H so bestimmt wurde, daß sich verhält:

$$G : H = h : x;$$

und hieraus ergiebt sich:

$$Gx = Hh$$

wie oben.

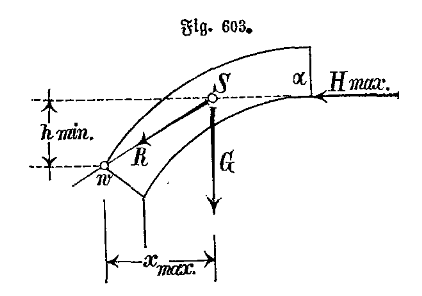
Aus Formel (20) folgt, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Horizontalschub um so größer wird, je größer G ist, je stärker also das Gewölbe belastet ist; ferner nimmt der Schub zu mit zunehmendem x und abnehmendem h, und nimmt ab mit abnehmendem x und zunehmendem h.

Da weder der Angriffspunkt der Horizontalkraft H in der Scheitelfläche, noch der Durchgangspunkt der Resultierenden R in der Widerlagsfuge bekannt ist, und jeder Punkt möglicher Angriffs- und Durchgangspunkt sein kann, so folgt, daß die Horizontalkraft H verschiedene Werte annehmen kann, die jedoch in gewisse Grenzen eingeschlossen sind, und zwar ergiebt sich ein größter Wert:

$$H\ max. = \frac{G \cdot x\ max.}{h\ min.},$$

wenn die Horizontalkraft im tiefsten Punkte der Scheitelfläche angreift und die Resultierende die Kämpferfuge in

Fig. 603.

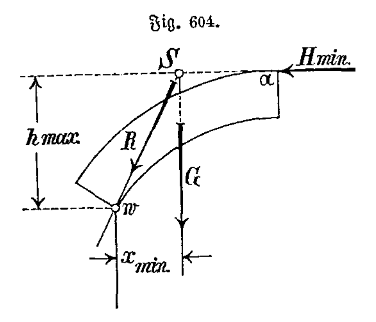


der Rückenfläche durchschneidet, Fig. 603, und ein kleinster Wert:

$$H\ min. = \frac{G \cdot x\ min.}{h\ max.},$$

wenn die Horizontalkraft im höchsten Punkte der Scheitelfläche angreift und die Resultierende die Kämpferfuge in der Leibungsfläche trifft, Fig. 604.

Fig. 604.

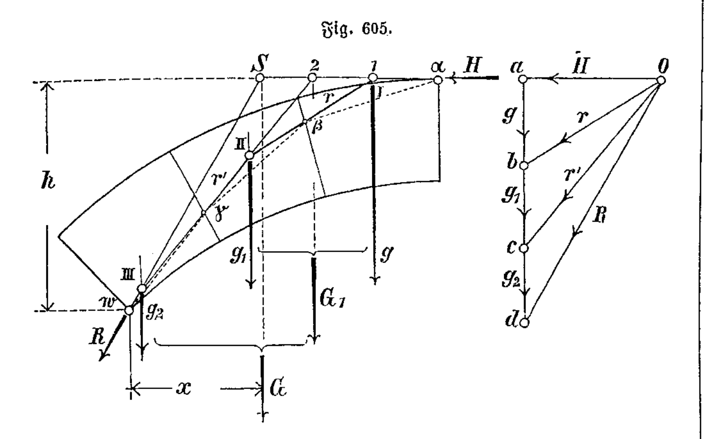


Thatsächlich ist die kleinste Horizontalkraft diejenige, die Gleichgewicht hält, denn nach dem Prinzip des kleinsten Widerstandes lautet ein Satz der Statik: In einer Verbindung von mehreren Kräften untereinander, die unter sich im Gleichgewichte sind, und vorausgesetzt, daß der Angriff dieser Kräfte nicht auf einen Punkt beschränkt ist, sondern sich hierfür eine Fläche bietet, von der jeder Punkt

möglicher Angriffspunkt der zu ermittelnden Kraft sein kann, so nimmt diese Kraft stets diejenige Richtung ein, die den Umständen gemäß für den Fall des Gleichgewichts den möglichst geringsten Kraftaufwand erfordert. Dies heißt, auf die Gewölbe angewendet: Die Horizontalkraft in einem stehenden Gewölbe wird als eine Kraft, der sich jeder beliebige Punkt der Scheitelhöhe als Angriffspunkt darbietet, stets mit dem möglichst kleinsten Aufwande von Kraft zur Erhaltung des Gleichgewichts thätig sein; sie wird also stets mit demjenigen längsten Hebelarme wirken, der Gleichgewicht zu halten gestattet.[1])

Hiernach genügt es, die Untersuchung für H min. durchzuführen, Fig. 605.

Fig. 605.



Teilen wir den Gewölbeschenkel in einzelne Steine I, II, III, so bildet sich das gesamte Gewicht G des Gewölbes aus den Einzelgewichten g, g_1, g_2. Der Stein I steht unter dem Einfluß der Horizontalkraft H und seines Eigengewichts g, mithin unter der Resultierenden r aus beiden, die in der bekannten Weise ermittelt werden kann. Trägt man nämlich H und g nach ihrer Größe und Richtung nach einem beliebig zu wählenden Maßstabe aneinander an und zieht die Schlußlinie, so ergiebt diese die Resultierende r nach Größe und Richtung;[2]) man bringt jetzt die Kräfte H und g im Punkte 1 zum Schnitt und zieht durch diesen die Parallele zu r, so trifft diese Mittelkraft die Fuge in β. In derselben Weise steht der Stein II unter dem Einfluß dieser Mittelkraft r und seinem Eigengewicht g_1, oder, was dasselbe, unter dem Einfluß von H, g und g_1 oder deren Resultierenden r', die im Kräfteplan nach Größe und Richtung ermittelt wird. Bringt man somit r und g_1 in II zum Schnitt und zieht die Parallele zu r', so ergiebt sich als Durchgangspunkt dieser Mittelkraft in der nächsten Fuge der Punkt γ. Da die Resultierende r' die Mittelkraft aus $H + (g + g_1)$ ist, so kann auch in der Weise vorgegangen werden, daß man zunächst die Gewichte g und g_1 zu dem gemeinschaftlichen Gewicht G_1 der beiden Steine I und II vereinigt, G_1 mit H im Punkte 2 zum Schnitt bringt und durch diesen Punkt die Parallele zur Resultierenden r' zieht, die naturgemäß mit der zuvor erhaltenen Linie IIγ zusammenfallen muß.

Ebenso steht der Stein III unter dem Einfluß von r' und g_2 oder deren Mittelkraft R, die zugleich die Resultierende aus allen im Gewölbe wirkenden Kräften darstellt. Bringt man wieder r' und g_2 in III zum Schnitt oder vereinigt man die Gewichte $g + g_1 + g_2$ in dem gemeinschaftlichen Gewicht G, und bringt dieses mit H im Punkte S zum Schnitt, so geht die Parallele zu R durch die Punkte S und III und tritt bei w in das Widerlager über.

Den Linienzug α, I, II, III, w nennt man das **Resultantenpolygon** und den Linienzug α, β, γ, w die **Stützlinie**; je kleiner die einzelnen Abschnitte angenommen werden, desto mehr nähert sich das Resultantenpolygon einer stetig verlaufenden Kurve, der sogenannten Seilkurve, die in diesem Fall mit der Stützlinie identisch ist. Das Resultanten- oder Seilpolygon umhüllt also die Stütz- oder Drucklinie des Gewölbes, kann aber bei genügender Anzahl der Teile als Drucklinie selbst gelten.

Zur Bestimmung der Drucklinie ist es demnach erforderlich, das Gewicht des Gewölbes samt seiner Belastung in eine Anzahl Einzelgewichte g, g_1, g_2, . . . aufzulösen, und diese Gewichte in den Schwerpunkten der einzelnen Teile anzubringen. Um dies in einfacher Weise thun zu können, teilt man die Gewölbehälfte einschließlich der darauf ruhenden Belastung nicht durch central gerichtete, sondern durch **Vertikalschnitte** in gleiche Lamellen von geringer Breite, so daß der Querschnitt jeder einzelnen als Rechteck und dessen Schwerpunktsvertikale genügend genau in der Mitte der Lamellenbreite angenommen werden kann. Zur weitern Vereinfachung denkt man sich das Gewicht der Hinterfüllung, sowie die zufällige Belastung durch eine auf den Gewölberücken aufgelagerte Masse ersetzt, die dasselbe spezifische Gewicht mit dem Gewölbematerial hat, so daß die Gewichte der einzelnen Lamellen proportional ihrer mittleren Höhe werden und unmittelbar mit einem Maßstabe, ohne jede Rechnung, abgelesen werden können.

Beispiel: Ein in Backstein ausgeführtes Tonnengewölbe, Fig. 606, von 5 m Spannweite enthalte eine im Scheitel 2 m hohe Überfüllung aus einem Gemisch von Sand und Schlacken, und darüber einen aus Beton hergestellten Bodenbelag von 15 cm Stärke.

---

1) H. Scheffler, Theorie der Gewölbe, Futtermauern u. s. w. Braunschweig 1857. — A. Scheffers, Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauwesens, Leipzig 1865, S. 304.

2) Siehe Fig. 610.

Die Materialgewichte betragen:

für das Backsteingewölbe pro Kubikmeter 1600 kg,
„ die Auffüllung „ „ 1200 „
„ den Betonbelag „ „ 2000 „

die Verkehrslast werde zu 200 kg pro Quadratmeter angenommen.

Fig. 606. Fig. 606a.

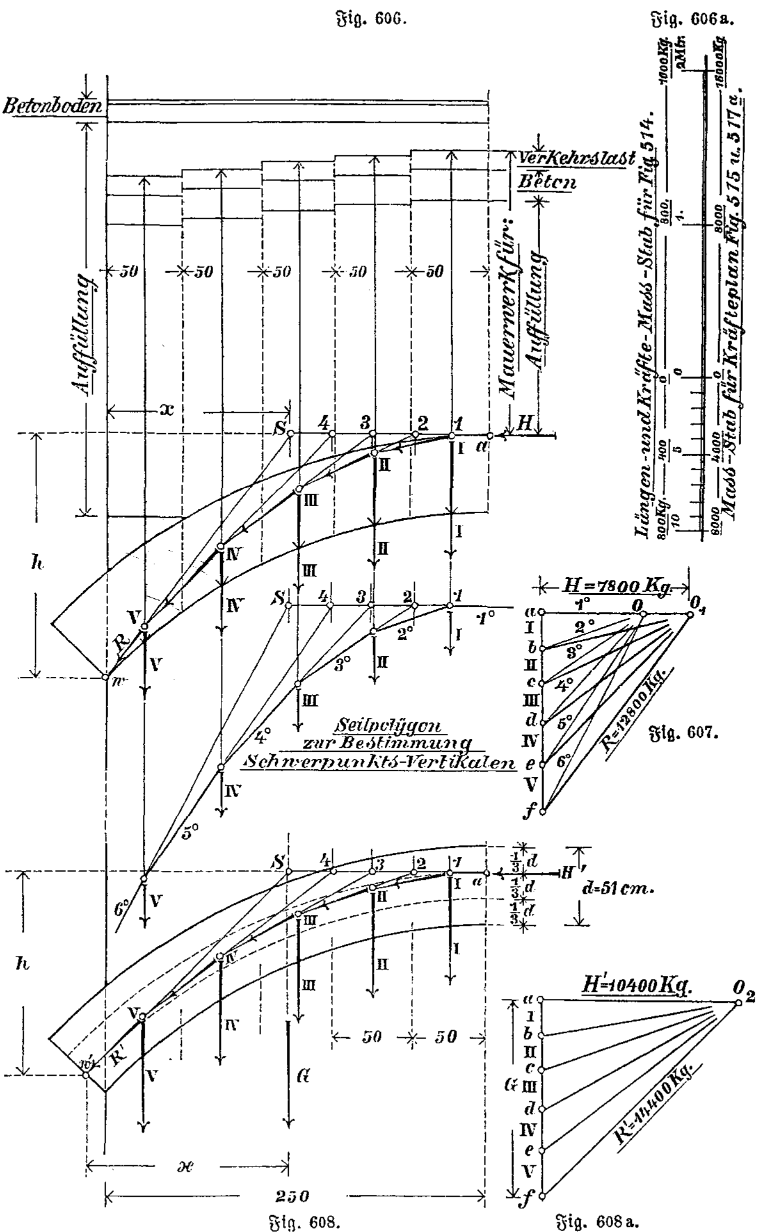


Fig. 607. Fig. 608. Fig. 608a.

Man teile nun den Gewölbeschenkel in 5 gleichbreite Lamellen von 50 cm und bringe die Schwerlinien in der Mitte der Lamellenbreiten an. Die Auflasten sollen sämtlich durch entsprechend hoch geschichtetes Backsteinmauerwerk (das Material des Gewölbes) ersetzt werden.

Bezeichnet K das Gewicht des Gewölbemauerwerks pro Kubikmeter, Fig. 609, P das Gewicht der Auflast pro Kubikmeter, b die Lamellenbreite,

so muß sein:

$$(b \,.\, 1 \,.\, 1)\, P = (b \,.\, x\, 1)\, K\,.$$

$$x = \frac{P}{K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

Für Backsteine ist K = 1600, und es ergaben sich somit für die vorstehend bezeichneten Materialien bezw. Lasten die folgenden für Backsteinauffüllung notwendigen Höhen:

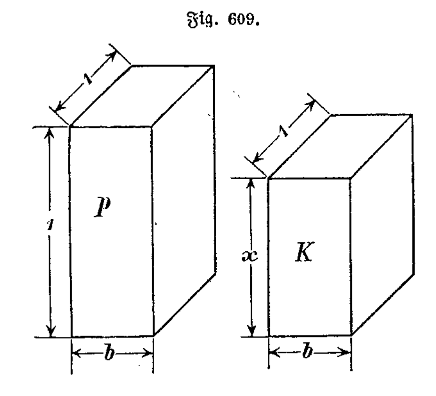
a) für die Auffüllung, P = 1200 kg:

$$x = \frac{1200}{1600} = \frac{3}{4} = 0{,}75,$$

b) für den Betonbelag, P = 2000 kg:

$$x = \frac{2000}{1600} = \frac{5}{4} = 1{,}25.$$

Fig. 609.



Hat der Belag eine Dicke z. B. von 15 cm, so wird die gleich schwere Backsteinschichtung

$0{,}15 \,.\, 1{,}25 = 0{,}19$ m hoch.

c) für die Verkehrslast, pro Quadratmeter P = 200 kg:

$$x = \frac{200}{1600} = \frac{1}{8} = 0{,}125 \text{ m},$$

d. h. die Backsteinschichtung, die die Verkehrslast darstellt, ist gleichmäßig mit 12,5 cm Höhe anzunehmen.

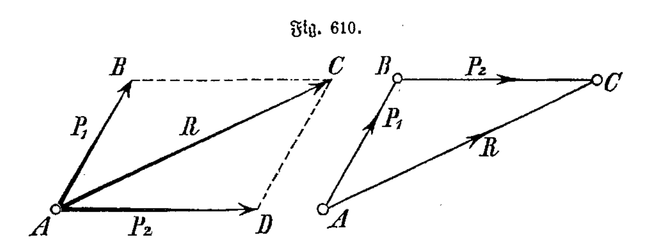
Das Gewicht der einzelnen nur aus Backsteinmauerwerk bestehenden Lamellen ergiebt sich jetzt aus Länge mal Breite mal mittlerer Höhe mal 1600 kg. Da die Länge aber zu 1 m angenommen ist und die Lamellenbreite 0,50 m beträgt, so berechnet sich das Gewicht pro Meter Lamellenhöhe zu 800 kg. Die Lamellengewichte können deshalb ohne weiteres nach ihrer mittleren Höhe auf dem Maßstabe, in dem die Figur gezeichnet ist, abgelesen werden.

Zur Verzeichnung des Resultantenpolygons sind noch die Schwerpunktslinien der zusammengefaßten Lamellengewichte I und II, I—III, I—IV und I—V zu ermitteln, was am einfachsten durch Zeichnung eines Seilpolygons geschieht.

Entwickelung des Seilpolygons.

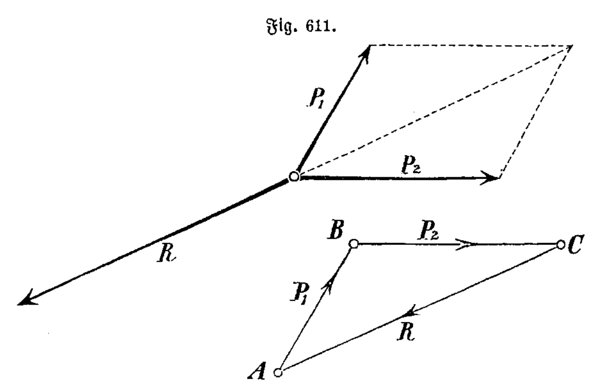
Satz 1. Die Resultierende zweier auf einen Punkt wirkenden Seitenkräfte P_1 und P_2, Fig. 610, bildet die Diagonale A C eines Parallelogramms. Da aber Seite BC = AD = P_2, so genügt es, P_2 nach Größe und Richtung an P_1 anzutragen, und die Schlußlinie A C mit der Pfeilrichtung von A nach C ergiebt die gesuchte Resultierende. Das Dreieck A B C nennt man ein Kräftedreieck.

Fig. 610.



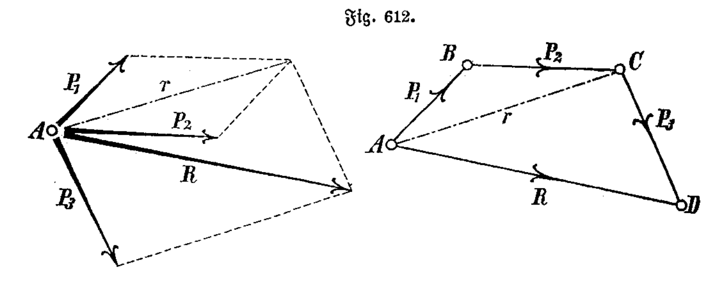
Satz 2. Soll die mit den Kräften P_1 und P_2 das Gleichgewicht haltende Kraft ermittelt werden, so ist R gleich groß, aber entgegengesetzt, also im Kräftedreieck mit umgekehrter Pfeilrichtung, von C nach A anzubringen, Fig. 611, so daß sich die Richtungspfeile der Kräfte nicht mehr begegnen, sondern in demselben Sinne fortschreiten.

Fig. 611.



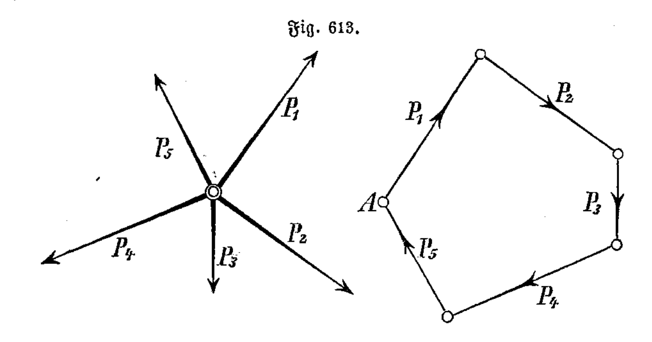
Satz 3. Soll dagegen eine Kraft R in zwei Seitenkräfte P_1 und P_2 von gegebener Richtung zerlegt werden, so geschieht dies durch Konstruktion des Kräftedreiecks, indem man durch die Endpunkte von R Parallele zu den gegebenen Richtungen zieht, die sich in B gegenseitig abschneiden. Die Längen A B und C B stellen die beiden Seitenkräfte P_1 und P_2 dar, deren Pfeilrichtung derjenigen von R entgegengesetzt ist. Wären P_1 und P_2 die das Gleichgewicht haltenden Kräfte, so würden sie mit R einerlei Pfeilrichtung erhalten.

Fig. 612.



In derselben Weise verfährt man, wenn die Resultierende von beliebig vielen auf einen Punkt wirkenden Kräften zu ermitteln ist. Man trägt, Fig. 612, die Kräfte nach ihrer Größe und Reihenfolge so aneinander, daß die Richtungspfeile immer denselben Sinn haben; die Schlußlinie des Kräftezuges ergiebt die Resultierende aus sämtlichen Kräften mit der Pfeilrichtung vom Anfangspunkte A nach dem Endpunkte D des Kräftezuges. Fällt der Endpunkt des Kräftezuges mit dem Anfangspunkte zusammen, dann ist der Kräftezug geschlossen, die Resultierende ist Null und die sämtlichen Kräfte sind miteinander im Gleichgewichte. Bei einem solchen Kräfteplan oder Kräftepolygon haben die sämtlichen Kräfte dieselbe Pfeilrichtung, Fig. 613.

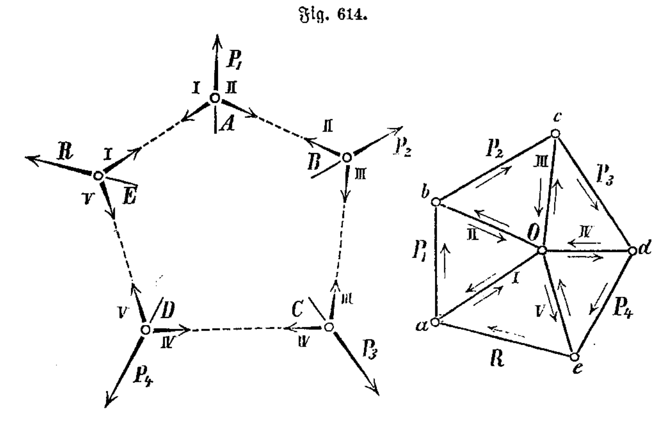
Fig. 613.



Satz 4. Schneiden sich die Kräfte nicht in einem Punkte, so findet man die das Gleichgewicht haltende Kraft auf folgende Weise, Fig. 614:

Gegeben seien die beliebig gerichteten Kräfte P_1—P_4. Man bringe an P_1 beliebig zwei Gleichgewicht haltende Seitenkräfte I und II an, deren Größe in dem Kräftedreieck O a b bestimmt wird, verlängere II bis zum Schnitt mit P_2, bestimme im Kräftedreieck O b c eine Gleichgewicht haltende Seitenkraft III durch Ziehen der Schlußlinie O c, verlängere III bis zum Schnitt mit P_3, bestimme wie vor die

Fig. 614.



das Gleichgewicht haltende Seitenkraft IV durch Ziehen der Schlußlinie O d, verlängere IV bis zum Schnitt mit P_4, ermittle wieder die das Gleichgewicht haltende Seitenkraft V durch Ziehen der Schlußlinie O e im Kräftedreieck O d e, und bringe nunmehr die Seitenkräfte V und I in E zum Schnitt, so ist E der Angriffspunkt der das Gleichgewicht haltenden Kraft, deren Größe durch die Schlußlinie a e des Kräfteplanes gegeben ist. Denn die Kräfte bilden jetzt ein geschlossenes Polygon a b c d e a mit gleicher Pfeilrichtung, und die Seitenkräfte I, II—V, die in jeder Seite des Linienzuges A B C D E paarweise auftreten, heben sich gegenseitig auf, sind somit ebenfalls im Gleichgewichte, so daß sich das ganze System im Gleichgewichte befinden muß. Den Linienzug A B C D E bezeichnet man als Seilpolygon (wenn die durch die Kräfte hervorgerufenen inneren Spannungen Zugspannungen sind), oder als Druckpolygon oder Drucklinie (wenn die inneren Spannungen Druckspannungen sind), die Strahlen O a, O b, u. s. w. als Polstrahlen und den Punkt O, der stets beliebig gewählt werden kann, als Pol.

Den Angriffspunkt der das Gleichgewicht haltenden Kraft erhält man somit im Durchschnittspunkte der letzten Seilstrahlen I und V des Seilpolygons. Soll die Resultierende aus den Kräften P_1—P_4 bestimmt werden, so ist die Kraft a c mit entgegengesetzter Pfeilrichtung anzubringen.

Satz 5. Da der Pol O beliebig gelegt werden kann, so kann man ihn auch mit dem Anfangspunkte der ersten Kraft P_1 zusammenfallen lassen, Fig. 615 und 616. Dann schrumpft der erste Polstrahl zu einem Punkte zusammen, der zweite Polstrahl deckt sich mit P_1,

Fig. 615.

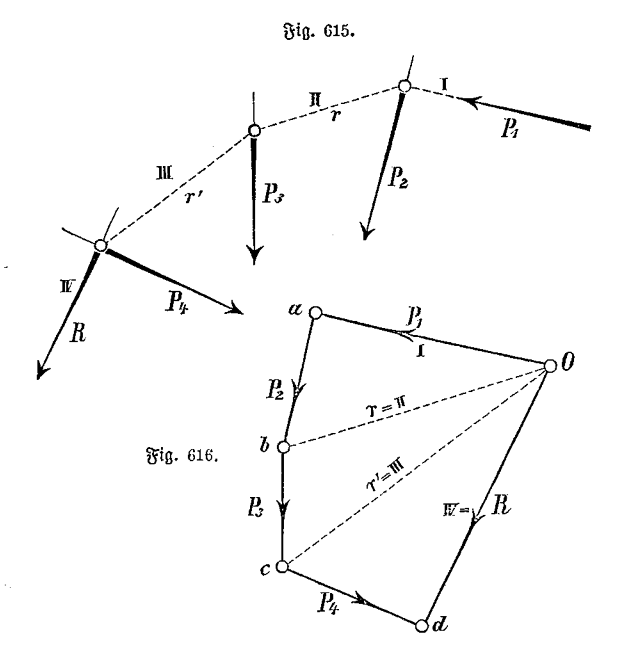
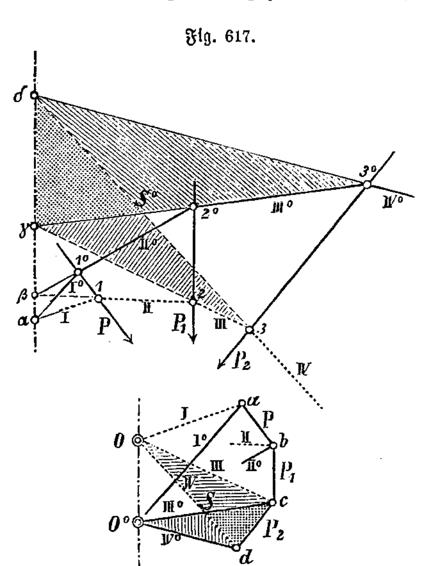


Fig. 616.

der dritte Polstrahl ist parallel der Diagonale O b, der vierte Polstrahl parallel der Diagonale O c u. s. w. Die Seite II fällt deshalb mit der Resultierenden aus P_1 und P_2, die Seite III mit der Resultierenden aus P_1, P_2, P_3 zusammen, u. s. w.

Fig. 617.



Legt man somit für ein gegebenes Kräftesystem den Pol in den Anfangspunkt des Kräftezuges, so fällt mit jeder Seite des Seilpolygons die Mittelkraft aus allen dieser Seite vorangehenden Kräften zusammen, so daß in der letzten Seite des Seilpolygons die Mittelkraft aus sämtlichen gegebenen Kräften liegt. Wegen dieser Eigenschaft nennt man ein solches Seilpolygon die **Mittelkraftslinie**.

Satz 6. Konstruiert man für eine Zahl von Kräften aus verschiedenen Polen die entsprechenden Seilpolygone, so liegen die Schnittpunkte der gleichen Seilpolygonseiten auf einer geraden Linie, die zu der Verbindungslinie der beiden Pole parallel ist.

So schneiden sich, Fig. 617, die gleichliegenden Seilpolygonseiten I und I° in α, II und II° in β, III und III° in γ, IV und IV° in δ, und die Schnittpunkte $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ liegen in einer Parallelen zu O O°. Denn in den beiden Vierecken O O° d c und $\gamma\, \delta$ 3° 3 sind 3 Dreiecke einander ähnlich und 5 entsprechende Seiten einander parallel, nämlich O c $\parallel \gamma$ 3, O° d $\parallel \delta$ 3°, d c $\parallel$ 3 3°, O d $\parallel \delta$ 3 und O° c $\parallel \gamma$ 3°. Es muß deshalb $\gamma\,\delta \parallel$ O O° sein. Ebenso folgt, daß $\gamma\,\beta$ und $\beta\,\alpha \parallel$ O O° sein müssen, und daß somit die Punkte α, β, γ und δ auf einer zu O O° parallelen Geraden liegen.[1]

Um hiernach ein Seilpolygon zeichnen zu können, reiht man die Lamellengewichte I—V, Fig. 607, aneinander, und zwar am besten in der Weise, um zu große Kräftepläne zu vermeiden, daß man als Länge der Kraftlinien I, II . . . einen gewissen n^{ten} Teil der Lamellenhöhe nimmt, wodurch sich die Zeichnung der Kräftepläne außerordentlich vereinfacht, da die Berechnung des wirklichen Gewichts der einzelnen Lamellen dadurch überflüssig wird. In dem vorliegenden Beispiele ist der Kräfteplan in $^1/_{10}$ der Konstruktionszeichnung gehalten; die entsprechenden Gewichtswerte sind im Maßstabe, Fig. 606 a, beigeschrieben.

Man wähle nun beliebig einen Pol O, am besten auf der Horizontalen durch den Anfangspunkt a des Kräftezuges, Fig. 607, und konstruiere das Seilpolygon 1°—6°; die Schnittpunkte der einzelnen Seilstrahlen mit der verlängerten 1° geben der Reihe nach die Lage der Schwerpunktsvertikalen der zusammengefaßten Lamellengewichte (siehe Satz 4, S. 199); diese Punkte 1, 2, 3, 4 und S können nunmehr auf die durch den Angriffspunkt α der Horizontalkraft H gezogenen Horizontalen, Fig. 606, aufgetragen werden.

Nach Fig. 605 geht die Schlußresultierende R durch die Schwerpunktsvertikale S des Gewölbes und die Drehkante w; man ziehe deshalb w S, und im Kräfteplan Fig. 607 eine Parallele hinzu durch f, so schneidet diese die Strecke a O_1 auf der Horizontalen gleich der Horizontalkraft H ab, deren Größe nach dem Kräftemaßstab sich zu 7800 kg ergiebt. Zieht man jetzt die Polstrahlen, bezw. die Resultierenden O_1 b, O_1 c . . ., und durch die Punkte 1, 2, 3 und 4, Fig. 606 die Parallelen 1 II, 2 III, 3 IV, 4 V, so ergiebt sich die Mittelkraftslinie α, I, II, III, IV, V, w; der auf das Widerlager übertragene Schub ist nach Größe und Richtung durch die Resultierende R dargestellt, deren Größe O_1 f = 12 800 kg beträgt, was auf dem Kräftemaßstabe Fig. 606 a unmittelbar abgelesen werden kann.

Die so verzeichnete Drucklinie berührt die Rückenfläche in der Scheitelkante α und die Leibungsfläche in der Kämpferkante w, so daß sich der Druck auf diese Kanten beschränken und sich diese Fugen auf der anderen Seite öffnen müßten.

---

1) Näheres siehe Müller-Breslau, Elemente der graphischen Statik, Berlin 1881 und Lauenstein, Die graphische Statik, Stuttgart.

Die Preßbarkeit des Materials macht es jedoch unzulässig, daß sich der im Gewölbe auftretende Druck auf eine Kante konzentriert, sondern es wird stets eine Fläche in Mitleidenschaft gezogen werden müssen, so groß, daß sie hinreichenden Widerstand zu leisten im stande ist.

Im Augenblick des Ausrüstens treten diese Kantenspannungen wirklich auf, infolgedessen das Material nachgiebt, der Druck sich auf eine Fläche verbreitet und sich die Mittellinie des Druckes etwas von den Kanten zurückzieht; dadurch senkt sich der Angriffspunkt α der Horizontalkraft, h wird kleiner und x größer, was eine Vergrößerung der Horizontalkraft nach sich zieht, wodurch wieder größere Flächen beansprucht werden, bis endlich eine der Festigkeit des Materials ensprechende Ausgleichung der im Gewölbe herrschenden Spannungen eintritt. Aus dieser Darstellung des wirklichen Vorganges ergiebt sich zugleich die Notwendigkeit, die Ausrüstung der Gewölbe allmählich vorzunehmen, damit das Gewölbe Zeit gewinne zur allmählichen Ausgleichung der Spannungen, „damit es sich langsam setzen könne".

Die wirklich sich ergebende Drucklinie, als Ausdruck der Mittel aller gepreßten Flächen gedacht, wird somit die Leibungs- und Rückenfläche nirgends berühren dürfen, sie wird vielmehr ganz im Innern des Gewölbes verlaufen müssen, so daß die wirkliche Horizontalkraft mit Rücksicht auf die Preßbarkeit des Materials größer sein muß, als jene für unpreßbares Material berechnete.

Unter Berücksichtigung, daß man wie beim Mauerwerk, so auch bei den Gewölben Zugspannungen ganz zu vermeiden sucht, konstruiert man die Drucklinie so, daß sie im mittleren Drittel, im Kernstück des Gewölbes verbleibt (siehe Berechnung der Mauern, Kap. I, § 35 u. 36).

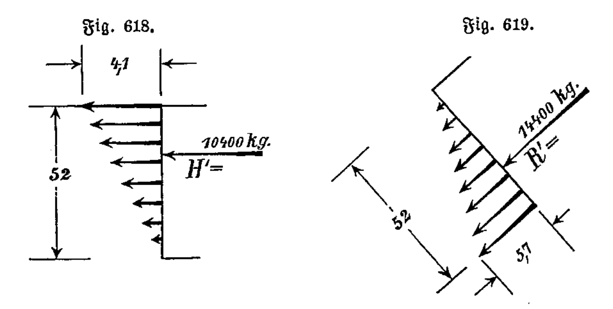
Zur Verzeichnung dieser Drucklinie schneidet man in dem Gewölbe, Fig. 608, das mittlere Drittel heraus, nimmt α als Angriffspunkt der Horizontalkraft H und w' als Durchgangspunkt der Resultierenden R, und verzeichnet nun genau in der besprochenen Weise die neue innerhalb des Kernstückes verbleibende Drucklinie, indem man w'S und im Kräfteplan die Parallele fO^2 zieht, wodurch sich eine Horizontalkraft von 10 400 kg gegen vorherige 7800 kg, und eine Resultierende von 14 400 kg gegen frühere 12 800 kg ergiebt, Fig. 608a.

Nachdem die Lage der Drucklinie, sowie die Pressungen für alle Querschnitte ermittelt sind, können die Druckspannungen pro Quadrateinheit nach den früher mitgeteilten Formeln (4) und (6), Kap. I, § 35, berechnet werden. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß sich diese Berechnung auf die am meisten beanspruchten Querschnitte in der Scheitel- und der Kämpferfuge beschränken kann, und daß, da der Kämpferdruck immer größer ist als der Horizontalschub, auch die Kämpferstärke in demselben Verhältnis größer ausgeführt werden soll als die Scheitelstärke. Denn nach Fig. 608, wo der Einfachheit halber zunächst konstante Gewölbestärke angenommen wurde, würden sich folgende Druckbeanspruchungen ergeben:

a) In der Scheitelfläche, nach Formel (6), Fig. 618:
Länge der gedrückten Fläche = 100 cm
Breite " " " = 52 " (2 Stein)
somit Querschnitt q = 5100 qcm
Belastung H' = 10 400 kg.
Daher Druckbeanspruchung pro qcm:

$$S_1 = \frac{2 . 10\,400}{5200} = 4 \text{ kg.}$$

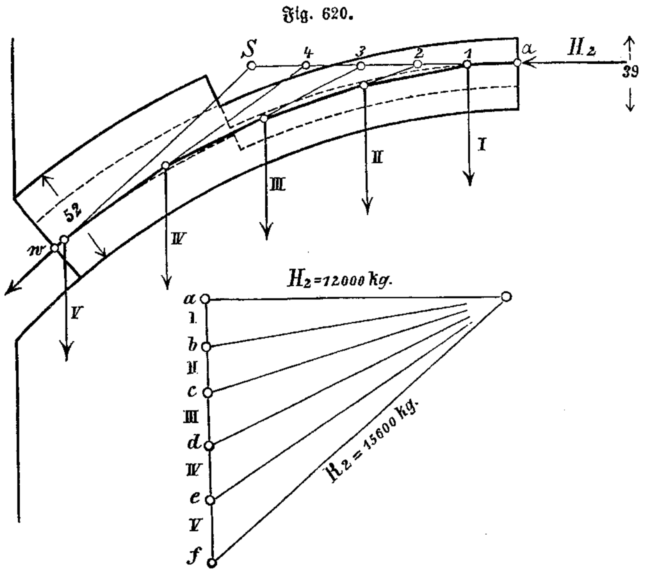
Fig. 618. Fig. 619.



b) In der Kämpferfuge, nach Formel (6), Fig. 619:
Querschnitt, wie vor = 5200 qcm
Belastung R' = 14 400 kg.
Daher Druckbeanspruchung pro qcm:

$$S_1 = \frac{2 . 14\,400}{5200} = 5{,}5 \text{ kg.}$$

Fig. 620.



Da nach der Tabelle der Festigkeitskoeffizienten S. 73 für gewöhnliches Backsteinmauerwerk bis 7 kg zulässig sind, so bietet die Kämpferstärke mit nur 5,5 kg Beanspruchung eine große Sicherheit, wogegen die Scheitelstärke zu groß erscheint; würde diese auf $1^1/_2$ Stein = 39 cm beschränkt, so würde sein, nach Fig. 620:

1. In der Scheitelfläche:
Querschnittsfläche q = 3900 qcm
Belastung H_2 = 12000 kg.
Daher Druckbeanspruchung pro qcm, Fig. 621:

$$S_1 = \frac{2 \cdot 12000}{3800} = 6{,}15 \text{ kg}.$$

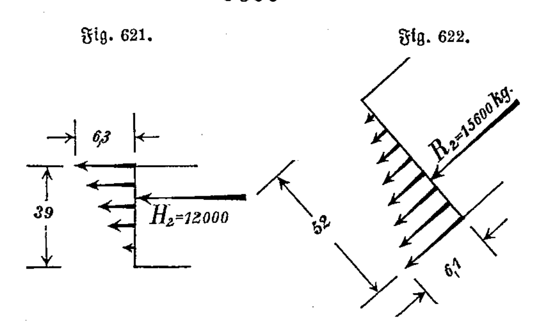


Fig. 621. Fig. 622.

2. In der Kämpferfuge, Fig. 622:
Querschnittsfläche q = 5200 qcm
Belastung R_2 = 15600 kg.
Daher Druckbeanspruchung pro qcm:

$$S_1 = \frac{2 \cdot 15600}{5200} = 6 \text{ kg}.$$

Aus den vorhergehenden Untersuchungen ergiebt sich, daß ein Gewölbe stabil ist, wenn sich eine Drucklinie so einzeichnen läßt, daß sie überall innerhalb des Kerns bleibt und die Pressungen an keiner Stelle des Gewölbes die zulässige Beanspruchung des Materials überschreiten.

Um ein Gleiten der einzelnen Gewölbesteine zu verhüten, ist es weiter notwendig, daß die Abweichung der Resultierenden von der Normalen zur Fugenfläche nicht größer als der Reibungswinkel sei (siehe Kap. I, § 35). Dieser Bedingung wird jedoch in den meisten Fällen Rechnung getragen sein, da die Reibung zwischen den einzelnen Steinschichten in allen Fällen eine bedeutende ist, und die Abweichung der Resultierenden von der Normalen zur Fugenfläche das Maß des Reibungswinkels nicht erreicht, so daß die Untersuchung gegen Gleiten in der Regel unterbleiben kann.

Für die gewöhnlichen im Hochbau vorkommenden Verhältnisse nimmt man erfahrungsgemäß etwa folgende Gewölbestärken an:

a) Scheitelstärke der Wandbogen in Umfassungs- und Mittelmauern 2—3 Stockwerk hoher Häuser:

Spannweite:	halbkreisförmig:	überhöht:	gedrückt bis zu 1/8 der Pfeilhöhe:
bis zu 1,75 m	1 Stein	1/2 Stein	1 1/2 Stein
von 2—3 „	1 1/2 „	1 „	1 1/2—2 „
„ 3,5—5,75 „	2 „	1 1/2 „	2—2 1/2 „
„ 6—8,5 „	2 1/2 „	1 1/2—2 „	2 1/2—3 „

Bogen von noch größerer Spannweite giebt man eine Scheitelstärke von 1/12—1/15 ihrer Spannweite.

b) Für Gewölbe mit den gewöhnlichen Belastungen nimmt man:
bis 3 m, am Widerlager 1 Stein, Scheitel 1/2 Stein
„ 4,5 „ „ „ 1 „ „ 1/2 „
jedoch mit Verstärkungsgurten in etwa 2 m Entfernung,
„ 6 „ am Widerlager 1 1/2 Stein, Scheitel 1 Stein.

c) Den Kappengewölben giebt man bis zu 3 m Spannweite 1/2 Stein, von 3—5 m am Widerlager 1 Stein und im Scheitel 1/2 Stein mit Verstärkungsgurten.

d) Den Gurtbogen zur Aufnahme der Kappengewölbe giebt man bei 1/4—1/5 der Spannweite als Pfeilhöhe:
bei Spannweiten von 2—3,5 m, 1 1/2—2 Stein Stärke
„ „ „ 3,5—6 „ 2—2 1/2 „ „
„ „ „ 6—8,5 „ 2 1/2—3 „ „
je nach der Größe der Belastung. Gurtbogen, die nur als Widerlager für die Kappen dienen, kann unbedenklich eine geringere Stichhöhe, bis zu 1/6 der Spannweite, gegeben werden.

§ 11.

Statisches Verhalten der verschiedenen Bogenlinien.

Bei dem den bisherigen Untersuchungen zu Grunde gelegten Stichbogengewölbe war es ohne Schwierigkeit möglich, eine Drucklinie zu verzeichnen, die die angenommenen Scheitel- und Kämpferpunkte durchschnitt und vollständig im innern Gewölbedrittel verblieb. Bei anderen Bogenlinien trifft dies aber nicht ein; die auf die angegebene Weise verzeichnete Mittellinie, die wir als „vorläufige“ bezeichnen wollen, durchschneidet wohl den angenommenen oberen Scheitelpunkt α und den inneren Kämpferpunkt w, sie tritt aber aus dem mittleren Gewölbedrittel heraus und in das obere oder untere über, und ist somit keine den statischen Anforderungen entsprechende Drucklinie.

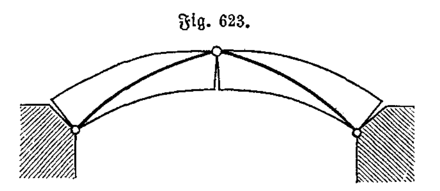
Je nach der Form der Bogenlinien haben wir vier Hauptlagen möglicher Mittellinien des kleinsten Druckes zu unterscheiden. Aus der Lage der Drucklinien ergeben sich auch verschiedene Eigenschaften, die je nach den gegebenen Umständen bei der Wahl der Bogenlinien zu berücksichtigen sind.

a) Der Stichbogen.

Die Drucklinie geht durch den höchsten Punkt α des Scheitels und den innern Punkt w des Widerlagers (auf das mittlere Drittel bezogen), und verbleibt im mittleren Drittel, Fig. 620, so daß diese Drucklinie den statischen Anforderungen entspricht. Die stärksten Pressungen zeigen

sich im Scheitel oben und an den Kämpferfugen unten, während die entgegengesetzten Kanten dieser Fugen spannungslos sind, wenn die Drucklinie wirklich bis in das innere Drittel zurücktritt, andernfalls hier sogar Zugspannungen auftreten müssen. Wie weit das Zurückziehen der Drucklinien von den Kanten eintritt, ist mit Bestimmtheit nicht zu sagen; thatsächlich zeigen die Ausführungen,

Fig. 623.

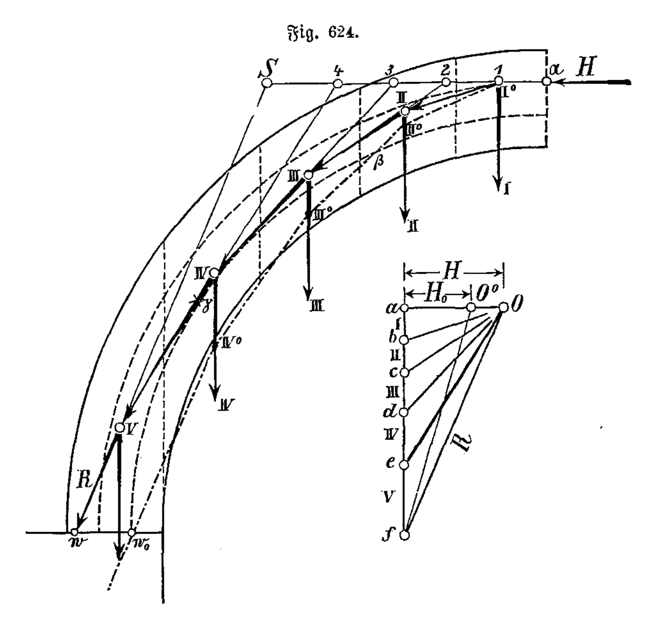


daß sich im Scheitel oben am Rücken die Gewölbesteine scharf aufeinanderpressen, während in der Leibung feine Haarrisse (die bekannten „Scheitelrisse") auftreten, und in der Kämpferfuge zeigt sich diese Erscheinung umgekehrt, Fig. 623; der Scheitel zeigt somit das Bestreben, sich zu senken, in das Lichte zu fallen, so daß der Stichbogen nicht geeignet ist, größere Scheitellasten aufzunehmen.

b) Bogenlinien mit horizontaler Scheiteltangente und vertikaler Anfängertangente (Halbkreis, elliptische und Korbbogen).

Die durch den oberen Scheitelpunkt α und den inneren Kämpferpunkt w_0, Fig. 624, mit der Horizontalkraft H_0 [1]) konstruierte Mittellinie α I^0 II^0 III^0 IV^0 w_0 tritt bei β aus

Fig. 624.

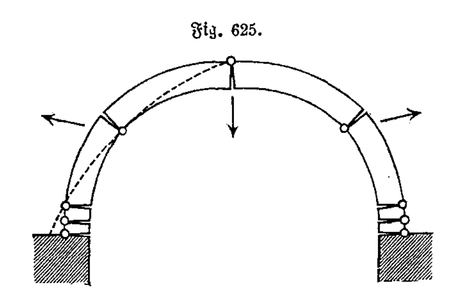


dem inneren Gewölbedrittel und unterhalb III^0 sogar ganz aus dem Gewölbe heraus und durchschneidet w_0, ohne in

1) H_0 wird in der früher angegebenen Weise bestimmt, indem man w_0 S und im Kräfteplan die hierzu Parallele f O^0 zieht, wodurch a $O^0 = H_0$ abgeschnitten wird.

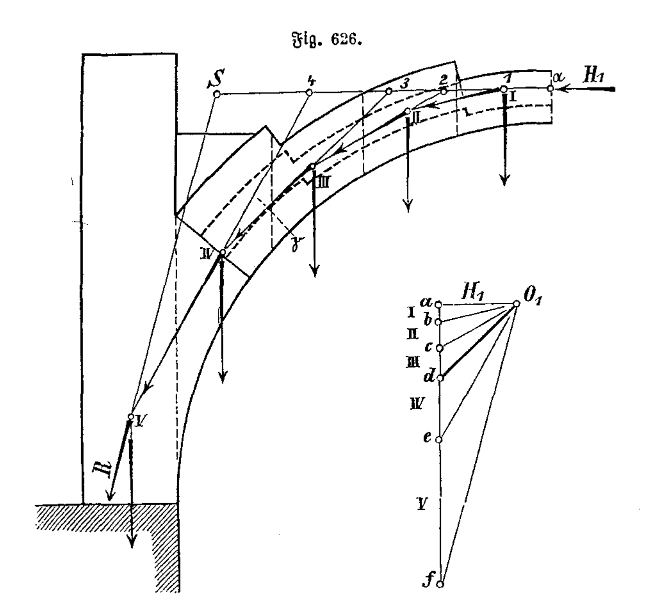
das innere Gewölbedrittel wieder eingetreten zu sein. Diese Drucklinie ist keine mögliche, sondern eine vorläufige; soll sie im mittleren Drittel verbleiben, so muß die Horizontalkraft so lange vergrößert werden, bis das Resultantenpolygon die innere Bogenlinie in dem von der vorläufigen Drucklinie am weitesten entfernten Punkte γ tangiert. Die Größe dieser Horizontalkraft H, die eine durch γ gehende

Fig. 625.



Drucklinie liefert, kann unmittelbar ohne Verzeichnung der vorläufigen Drucklinie bestimmt werden, sobald man beachtet, daß die Seilpolygonseiten von den entsprechenden Punkten 1—S ausgehen, d. h. R aus S, IV—V aus 4, III—IV aus 3 u. s. w. Ergiebt somit z. B. eine aus 4 gezogene Linie zwischen IV und V eine Tangente an die

Fig. 626.

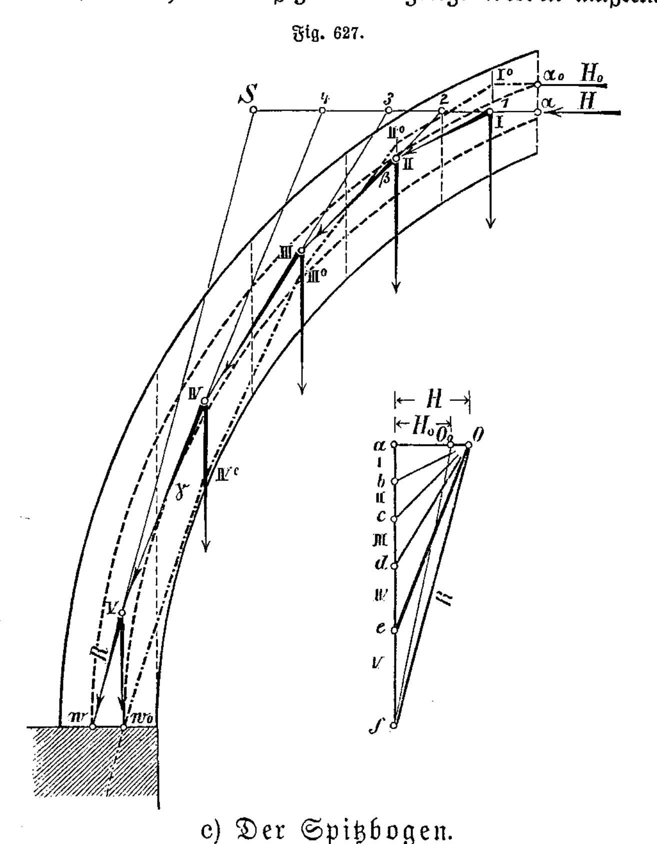


Bogenlinie, so ziehe man im Kräfteplane durch e, den Endpunkt der Last IV, die Parallele zu V IV 4, so schneidet diese auf der Horizontalen durch a den Horizontalschub H ab, der eine durch γ gehende Drucklinie liefert. Diese tritt aber nunmehr unterhalb V in das obere Gewölbedrittel über und durchschneidet in w ganz nahe der Rückenfläche des Gewölbes die Kämpferfuge. In diesem Gewölbe werden die stärksten Pressungen im Scheitel, in der Brechungsfuge γ und in der Kämpferfuge auftreten, und es werden sich die einzelnen Gewölbeteile in der in Fig. 625 dar-

gestellten Weise zu drehen suchen. Um das Gewölbe, ohne seine innere Form zu ändern, gegen diese Drehungen zu sichern, sind die Widerlager horizontal vorzumauern, wodurch das Halbkreisgewölbe zu einem Stichbogengewölbe wird, oder das Gewölbe muß im untern Teile verstärkt werden, der untere Gewölbeschenkel ist durch Aufmauerung zu belasten, wodurch sich die Drucklinie im unteren Teile steiler stellt, während das Gewölbe gegen den Scheitel hin schwächer anzulegen ist, was eine flachere Lage der Drucklinie daselbst zur Folge hat. Diese Abänderungen sind in dem Halbkreisgewölbe in Fig. 626 vorgenommen, das vornehmlich im Kräfteplane auffällig die dadurch hervorgerufenen Abweichungen in den Gewichten, der Horizontalkraft und in Richtung und Größe der einzelnen Resultierenden zeigt (Fig. 624 u. 626 sind in demselben Maßstabe gezeichnet, so daß ein unmittelbarer Vergleich möglich ist).

Die Untersuchung zeigt, daß auch diese Bogenformen zur Aufnahme von Scheitellasten nicht geeignet sind; sie können auch nicht zu Gewölben verwendet werden, die frei auf den Widerlagern aufsitzen, da die unteren Gewölbeschenkel, weil sie in diesem Fall nicht belastet werden können, unverhältnismäßig dick angelegt werden müßten.

Fig. 627.

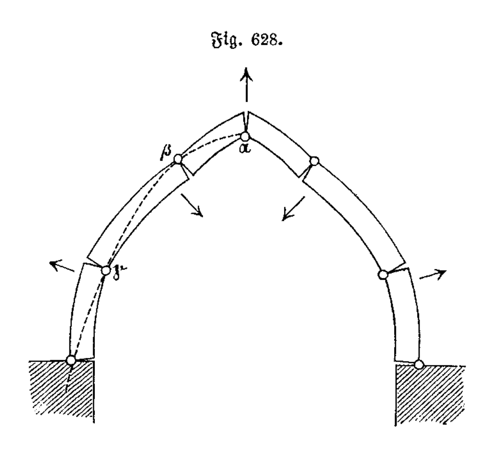


c) Der Spitzbogen.

Die durch den Scheitelpunkt α_0 und den inneren Kämpferpunkt w_0 mit H_0 konstruierte Drucklinie, Fig. 627, geht vom Scheitel aus ohne weiteres in das obere Drittel über, durchschneidet dann das mittlere Drittel, tritt alsdann in das untere Drittel ein und trifft bei w_0 das Widerlager. Diese Drucklinie α_0 I° II° III° IV° w_0 ist eine vorläufige; die wirkliche Drucklinie α I II III IV V w muß aus dem tiefer gelegenen Punkte α ausgehen, und mit der größeren Horizontalkraft H konstruiert werden, so daß das Resultantenpolygon die obere Begrenzungslinie etwa bei β, die untere bei γ tangiert. Der Angriffspunkt α ist am einfachsten durch Probieren zu ermitteln, wogegen die Horizontalkraft wieder durch Ziehen der Tangente 4 IV V und der hierzu Parallelen e O bestimmt wird.

Wie diese Drucklinie ergiebt, haben die einzelnen Gewölbeteile das Bestreben, sich in der in Fig. 628 dargestellten Weise zu drehen; es entstehen zwei Brechungsfugen β und γ, von denen sich die erste nach innen, die zweite nach außen zu öffnen sucht; der Scheitel sucht sich zu heben, zeigt also die entgegengesetzte Bewegung wie der Halbkreisbogen, wogegen sich der untere Gewölbeschenkel nach rückwärts dreht.

Fig. 628.



Alle Gewölbe, die eine derartige Lage der Drucklinie ergeben, erfordern eine Hintermauerung, bezw. eine horizontale Aufmauerung der unteren Gewölbeschenkel bis zur Bruchfuge γ, und eine Verstärkung oder eine Belastung des Scheitels; die Hintermauerung des Gewölbeteiles $\gamma\,\beta$ dagegen wäre nachteilig, da dadurch dessen Bestreben, in das Lichte zu fallen, nur vermehrt werden würde.

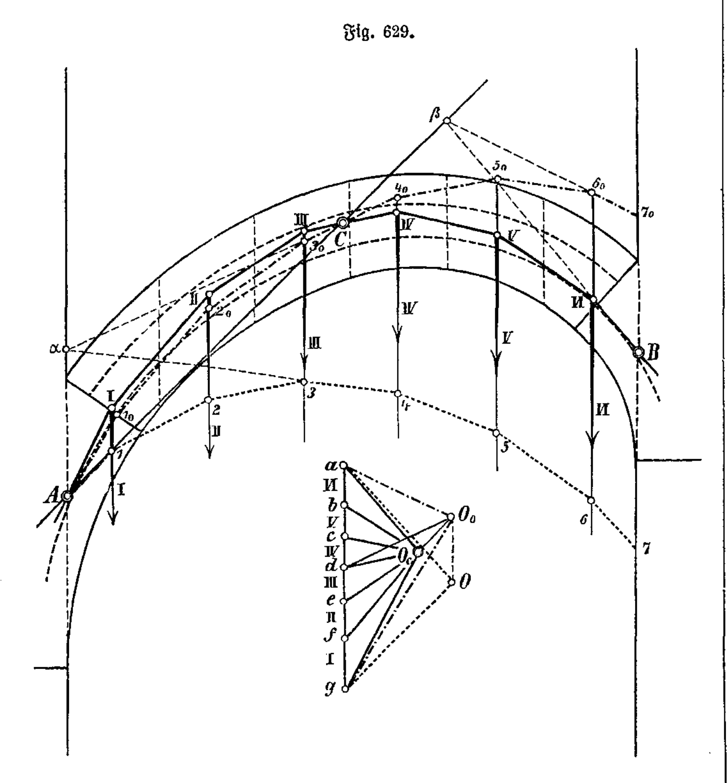
In Fällen, in denen die Drucklinie im unteren Gewölbeschenkel in das obere Drittel übertritt (wie bei dem Halbkreisgewölbe), ist daselbst eine Verstärkung oder eine Überlastung erforderlich.

Je nach der Überhöhung können die nach dem Spitzbogen geformten Gewölbe nicht allein mehr oder weniger bedeutende Scheitellasten aufnehmen, sondern sie können auch frei ohne Hintermauerung auf die Widerlager aufgesetzt werden.

d) Einhüftige Bogen.

Bei einhüftigen beliebig gestalteten Bogen kann die Untersuchung nicht auf einen Teil beschränkt, sondern muß auf den ganzen Bogen ausgedehnt werden. Das Resultantenpolygon muß innerhalb des mittleren Drittels verbleiben und zwei Punkte mit der inneren und einen Punkt mit der oberen Begrenzungslinie gemein haben. Da jedoch von vornherein eine Fuge, in der ein horizontaler Gewölbeschub wirksam wird, nicht bekannt ist, so zeichne man zunächst von einem beliebigen Pole O aus ein Seilpolygon, das durch einen in oder nahe der inneren Begrenzungslinie angenommenen Punkt A, Fig. 629, gehen möge,

Fig. 629.



und man erhält das Seilpolygon A, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Man verzeichnet jetzt ein zweites Seilpolygon, das durch A und einen zweiten beliebig angenommenen Punkt C nahe der oberen Begrenzungslinie geht, und bestimmt dieses Polygon nach dem Satze 6, § 10, indem man durch A eine beliebige Gerade, am einfachsten eine Senkrechte zieht, mit dieser die der Lage des Punktes C entsprechende Seite 4—3 des ersten Seilpolygons in α zum Schnitt bringt, im Kräfteplan durch O eine Parallele zu $A\alpha$, und durch den Punkt d zwischen III und IV eine Parallele zu αC zieht, so schneiden sich diese beiden Linien in O_0 ab; nimmt man O_0 als neuen Pol an, so ergiebt sich das Seilpolygon $A\ 1_0\ 2_0\ 3_0\ 4_0\ 5_0\ 6_0\ 7_0$, das durch die beiden angenommenen Punkte A und C geht. Zieht man nun A C, bringt $7_0\ 6_0$ mit dieser in β zum Schnitt, nimmt den dritten Punkt B nahe der inneren Begrenzungslinie so an, daß $B\beta$ Tangente an diese giebt, zieht durch O_0 eine Parallele zu A C, durch a (Endpunkt von VI) eine Parallele zu βB, so schneiden sich diese beiden in O_c ab, und es ergiebt sich von diesem Pol aus das Seilpolygon A, I, II, III, C, IV, V, VI, B, das durch die angenommenen 3 Punkte geht und innerhalb des mittleren Drittels verbleibt. Sollte dies noch nicht der Fall sein, so wird sich durch eine kleine Verschiebung des Punktes C leicht der richtige Pol bestimmen lassen.

§ 12.

Graphostatische Bestimmung der Widerlager.

Die Einwirkung des Gewölbes auf die Widerlager wird nach Größe und Richtung dargestellt durch die Resultierende aus dem Horizontalschube und dem Gewichte des Gewölbes, einschließlich dessen Belastung; sie äußert sich in zweifacher Weise, indem sie einmal ein Verschieben des Widerlagers und dann ein Umkanten desselben anstrebt. Zur Sicherstellung gegen ein Verschieben ist es erforderlich, daß die Abweichung der Resultierenden aus Mauergewicht und Gewölbeschub von der Normalen zur Fugenfläche nicht größer als der Reibungswinkel sei, siehe Kap. I, § 35; dieser Bedingung dürfte bei den Hohlbaukonstruktionen wohl immer entsprochen sein; wo nicht, müssen die Lagerfugen nicht horizontal, sondern entsprechend geneigt ausgeführt werden.

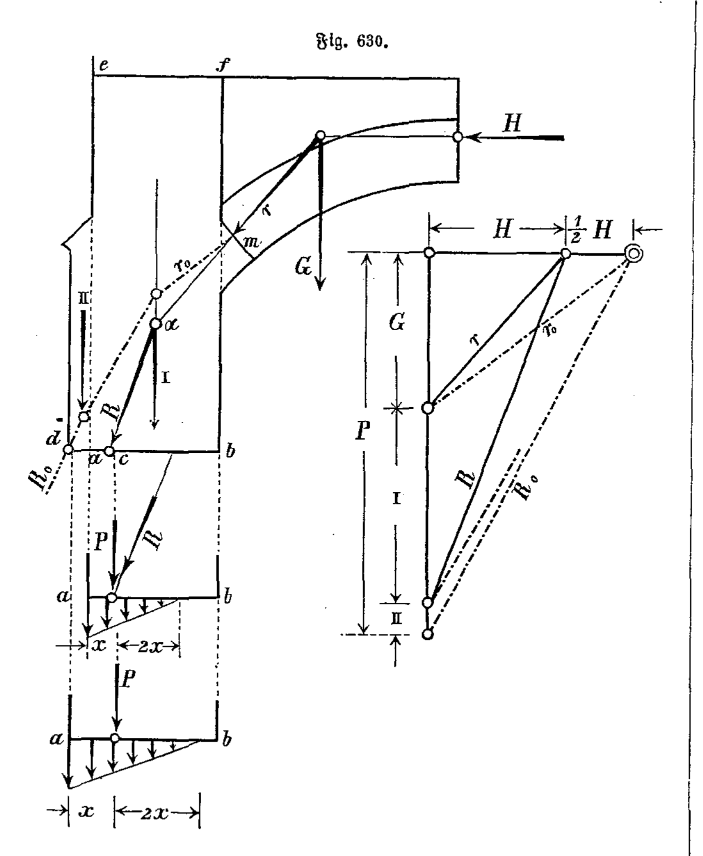
Zur Sicherung gegen das Umkanten müssen die statischen Momente des Angriffes und der Stützenlast mit Berücksichtigung einer gewissen Sicherheit einander gleich sein. Graphisch ausgedrückt muß die Resultierende aus allen Kräften noch die Sohle des Widerlagers durchschneiden, wobei gewöhnlich angenommen wird, daß erst ein $1^1/_2$ facher Horizontalschub im stande sein soll, das Umkanten herbeizuführen. Zur Ermittelung der Resultierenden kann man infolge der Bindefähigkeit des Mörtels das Widerlager als eine einzige Masse betrachten, die man je nach den Abmessungen in einzelne vertikale oder horizontale Lamellen zerlegen und der Reihe nach mit der Resultierenden aus Horizontalschub und Gewölbegewicht zusammensetzen kann.

Einige Beispiele werden am einfachsten zeigen, in welcher Weise der Verlauf der Drucklinie durch das Widerlager zu ermitteln ist.

Es seien, Fig. 630, in der angegebenen Weise für ein Stichbogengewölbe die Werte G, H und r bestimmt; die Widerlagerstärke sei in a b angenommen; das Gewicht I der Mauer a b e f wird in der Schwerlinie vereinigt, nach dem Kräftemaßstabe im Kräfteplane angetragen, die Resultierende R und hierzu die Parallele α c gezogen, so schneidet

diese die Sohle a b im Punkte c, also nahe der Außenkante a, und der Druck verteilt sich auf eine Fläche annähernd von der Tiefe 3ac = 3x (siehe Formel 4 u. 5, Kap. I, § 35), wenn wir die Entfernung ac mit x bezeichnen. Soll sich der Druck auf die ganze Sohlenbreite verteilen, so muß der Druckmittelpunkt c im Rande des Kernstückes liegen, so daß also ac = $^1/_3$ ab sein müßte.

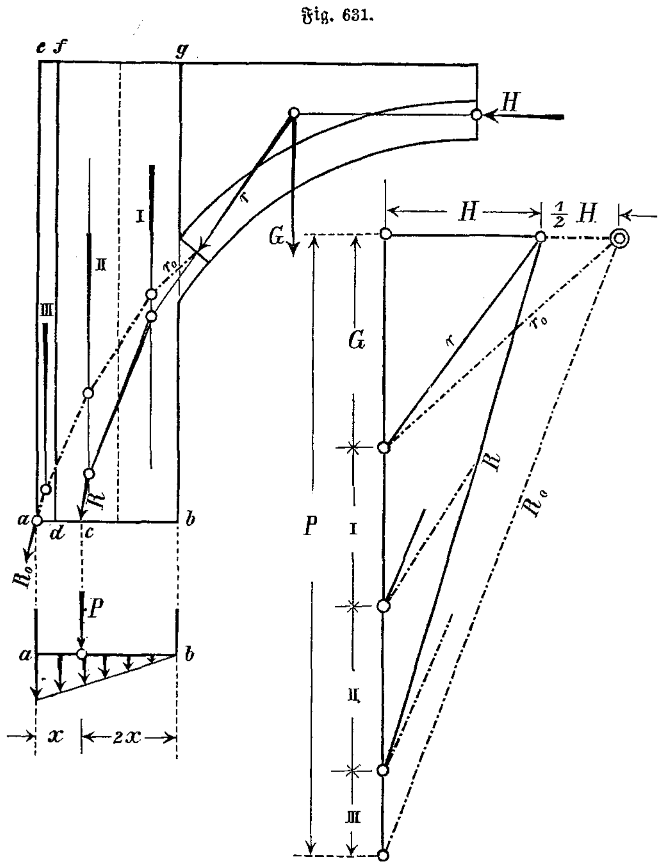
Fig. 630.



Bestimmt man die Widerlagerstärke nach der Bestimmung, daß erst der $1^1/_2$ fache Horizontalschub im stande sein solle, das Umkanten herbeizuführen, so ergiebt sich zunächst aus G und 1,5 H die Gewölberesultierende r_0, die man im Durchgangspunkte m der r mit der Kämpferfuge anbringt; die Resultierende aus r_0 und I schneidet außerhalb ab die Sohle, so daß das Widerlager um die Strecke ad mit dem Gewichte II verstärkt werden muß; die Schlußresultierende R_0 geht bei d durch die Kante, und es ist dc nahezu $= \frac{1}{3}$ db. Die $1^1/_2$ fache Horizontalkraft liefert somit diejenige Widerlagerstärke, bei der die oben gestellte Bedingung erfüllt ist, daß der Durchgangspunkt c der Resultierenden R im mittleren Drittel verbleibe und dadurch Zugspannungen im Mauerwerk vermieden werden.

In Fig. 631 sei das Widerlager d b f g in zwei Lamellen mit den Gewichten I und II eingeteilt, die sich mit der Resultierenden r zur Schlußresultierenden R zusammensetzen, die in c, nahe bei d die Sohle d b trifft. Konstruiert man nunmehr wieder mit 1,5 H die Resultierenden r_0 und R_0, indem man die Mauerverstärkung a d e f mit dem Gewichte III zulegt, so daß R_0 durch die Kante a geht, so ergiebt sich wieder annähernd ac = $^1/_3$ ab.

Fig. 631.

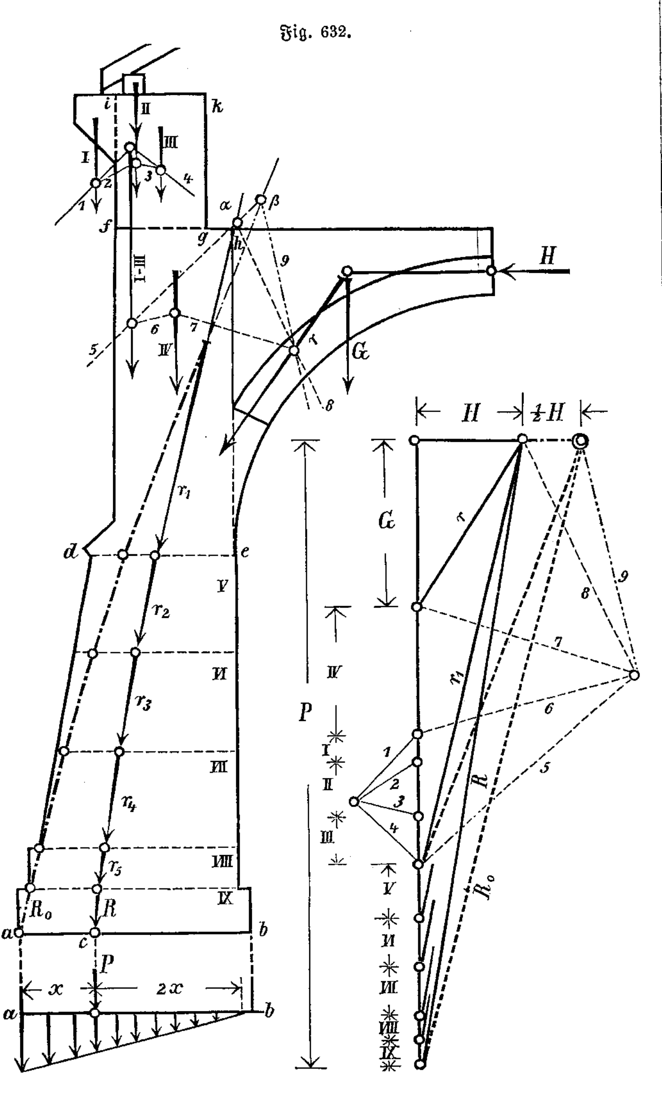


In Fig. 632 sei angenommen, daß die Widerlagermauer durch die Kniestockwand fgik mit dem Gewichte III, durch die Dachlast II und das Hauptgesimse I belastet werde; die Werte G, H und r sind in der bekannten Weise ermittelt. Man trage im Kräfteplane zunächst das Gewicht IV des Mauerkörpers defh und daran anschließend die Gewichte I, II, III, an, vereinige durch das beliebige Seilpolygon 1, 2, 3, 4 die Gewichte I, II und III zu der gemeinschaftlichen I—III (siehe § 10, Satz 4), so wirken auf den Mauerkörper defh die Belastung I—III, das Eigengewicht IV und der Gewölbeschub r; man vereinigt jetzt diese 3 Kräfte durch das beliebige Seilpolygon 5, 6, 7 und 8 zur Mittelkraft r_1, und bestimmt deren weiteren Verlauf in dem unteren Teile des Widerlagers, indem man dieses in die horizontalen Lamellen V—IX zerlegt, die Gewichte im Kräfteplane nach dem Kräftemaßstabe aufträgt und sie der Reihe nach mit r_1 zu r_2, r_3, r_4, r_5

und der Schlußresultierenden R zusammensetzt, die die Sohle bei c durchschneidet.[1])

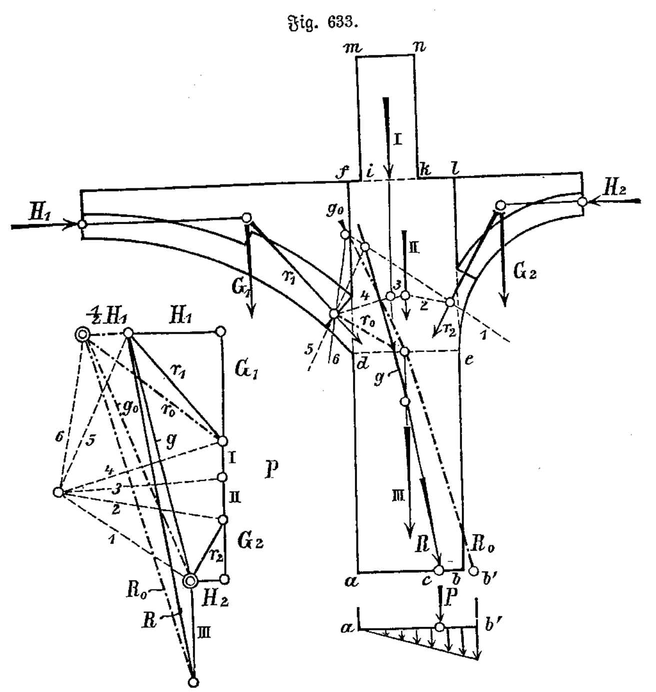
Zur Ermittelung der hinreichenden Sicherheit konstruiere man wieder das Resultantenpolygon aus 1,5 H, woraus sich R_0 mit dem Durchgangspunkte a und a c annähernd $= 1/3$ a b ergiebt.

Fig. 632.



Setzen sich zwei Gewölbe auf ein gemeinschaftliches Widerlager auf, Fig. 633, so bestimme man für jedes Gewölbe die Werte G_1, H_1, r_1, und G_2, H_2, r_2; dabei ist aber zu berücksichtigen, daß Verkehrslasten nur auf dem größern Gewölbe angenommen werden dürfen, während das kleinere Gewölbe, um den ungünstigsten Belastungsfall zu Grunde zu legen, ohne Verkehrslast anzunehmen ist. Dies bezieht sich aber nur auf die Ermittelung der Stärke der Widerlagsmauer, während für die Bestimmung der Abmessungen des Gewölbes selbst natürlich die Verkehrslast berücksichtigt werden muß.

Fig. 633.



Auf den Mauerkörper d e f l mit dem Gewichte II wirken die beiden Resultierenden r_1 und r_2, die Last I der aufgehenden Mauer i k m n und das Eigengewicht II; werden diese Kräfte in der im Kräfteplan angegebenen Weise aneinander angetragen (in der Reihenfolge, wie sie in der Konstruktion aufeinander folgen), so können sie mit dem beliebigen Seilpolygon 1, 2, 3, 4, 5 zur Mittelkraft g zusammengesetzt werden, die nunmehr mit dem Gewichte III des unteren Mauerpfeilers die Schlußresultierende R bildet.

Zur Bestimmung des nötigen Sicherheitsgrades darf nur die größere der beiden Horizontalkräfte, d. i. im vorliegenden Beispiele H_1 um das $1/2$ fache vermehrt werden, woraus sich dann die Schlußresultierende R_0 ergiebt, die aber aus dem Widerlager herausschneidet und die Grundlinie erst in b' trifft. Wird die Mauer bis b' verstärkt, so wird wieder annähernd $b'c = 1/3\, b'a$, und der Druck wird über die ganze Sohlenbreite verteilt.

Sind die Widerlagerstärken in dieser Weise ermittelt, so ist nach den bei Berechnung der Mauern gegebenen Regeln noch zu untersuchen, ob die zulässigen Beanspruchungen des Mauerwerks und des Baugrundes nicht überschritten werden; tritt dies ein, dann müssen die Mauern entsprechend verstärkt werden, s. Fig. 213 u. 214.

1) Die Ausgangspunkte der Resultierenden r_2, r_3 .... liegen jeweils im Durchschnittspunkte der Schwerlinie des betreffenden Mauerstückes und der vorhergehenden Resultierenden, wie dies in Fig. 631 durchgeführt ist. In den meisten Fällen wird es bei wagerechter Teilung der Widerlagermauer um so mehr genügen, die Resultierenden in der in Fig. 632 gezeichneten Weise unmittelbar aneinander anzutragen, als der dadurch verursachte Fehler eine größere Widerlagerstärke liefert als die genaue Verzeichnung.

Für die gewöhnlichen im Hochbau vorkommenden Verhältnisse kann man erfahrungsgemäß folgende Widerlagerstärken annehmen,

a) für Mauerbogen:

bei Rundbogen	$1/4$	der Spannweite
„ überhöhten oder Spitzbogen .	$1/5 - 1/6$	„ „
„ gedrückten bis zu $1/8$ Pfeilhöhe	$1/3 - 1/4$	„ „
„ „ „ „ $1/12$ „	$1/2$	„ „
„ scheitrechten Bogen . . .	$2/3$	„ „

Eine starke Belastung der Widerlager, ebenso ein gegen das Widerlager geführter Seitendruck durch einen zweiten Bogen läßt eine erhebliche Einschränkung dieser Abmessungen zu,

b) für Gewölbe:

bei Halbkreisform	$1/5$	der Spannweite
„ gedrückten bis $1/4$ der Spannweite zur Pfeilhöhe . .	$1/4$	„ „
„ gedrückten bis über $1/4$ der Spannweite zur Pfeilhöhe	$2/7$	„ „
„ überhöhten und Spitzbogen .	$1/6 - 1/7$	„ „

„ größerer Belastung der Widerlager u. s. w. wie bei a,

c) für die Gurtbogen der Kappengewölbe $1/3 - 1/5$ ihrer Spannweite, je nachdem die Widerlager mehr oder weniger stark belastet sind.

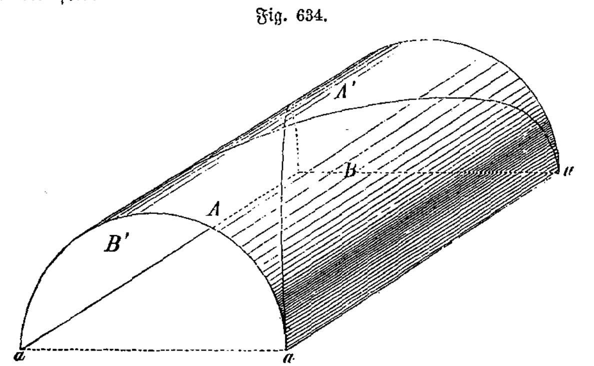
B. Das Klostergewölbe.

§ 13.

Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

Denkt man sich ein über quadratischem Raume ausgeführtes Tonnengewölbe, Fig. 634, durch zwei diagonale lotrechte Ebenen geschnitten, so entstehen 4 Teile: A, A' und B, B', von denen zwei einander gegenüber liegende gleich, zwei benachbarte aber wesentlich voneinander verschieden sind.

Fig. 634.

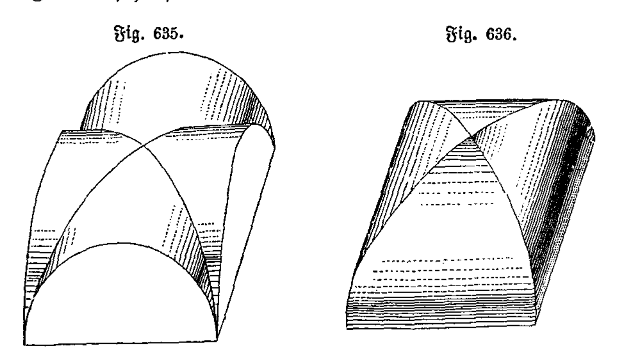


Die Walmen oder Wangen B und B' besitzen eine Widerlagslinie a a und einen Scheitelpunkt, wogegen die Kappen A und A' nur je 2 Widerlagspunkte a und eine Scheitellinie erhalten.

Aus diesen Wangen und Kappen lassen sich verschiedene Gewölbeformen bilden, die, weil die Elemente, aus denen sie bestehen, verschieden sind, ebenfalls bedeutende Verschiedenheiten zeigen müssen.

Aus den Kappen bildet sich das Kreuzgewölbe, Fig. 635, das so viele Widerlagspunkte erhält, als der zu überwölbende Raum Ecken hat, und so viele Scheitellinien, als Gewölbekappen zur Bildung des Gewölbes erforderlich sind. Das Kreuzgewölbe hat nur Schildmauern, ist deshalb ein offenes Gewölbe und eignet sich besonders zur Zusammensetzung; da, wo sich die Kappenleibungen durchschneiden, bildet sich ein vorspringender scharfer Grat.

Fig. 635. Fig. 636.



Aus der Zusammensetzung der Wangen entsteht das Klostergewölbe, Fig. 636, mit nur einem Scheitelpunkte und allseitigen Widerlagsmauern. Das Gewölbe ist somit ein geschlossenes Gewölbe, das sich wenig zur Zusammensetzung eignet; die zusammenschneidenden Gewölbeleibungen bilden vertiefte hohle Gräte, d. s. Kehlen.

Das Klostergewölbe findet wenig Anwendung, da es nur über regelmäßig gestalteten Räumen ein gutes Ansehen gewährt und die Unannehmlichkeit bedingt, alle Umfassungsmauern als Widerlager ausführen zu müssen. Zugleich wird die Anlage der Fenster- und Thüröffnungen erschwert, wenn die Umfassungsmauern nicht so hoch sind, daß die Kämpferlinien des Gewölbes höher als der Schluß jener Öffnungen liegen.

Soll ein Klostergewölbe ausgeführt werden, so ist zuerst die Bogenlinie des Gewölbes in einer Ebene senkrecht auf eine der Umfassungsmauern festzusetzen, aus der dann die Kehllinien abzuleiten sind. Die erstere ist in der Regel eine Kreislinie und die letzteren werden alsdann Ellipsen, die leicht zu zeichnen sind, da die Grundlinie der Kehlen als Spannweite gegeben und die Pfeilhöhe mit der der Bogenlinie des Gewölbes identisch ist. Aber auch für jede andere Wölbungslinie wird man die zugehörigen Kurven für die Kehlen durch die Methode der Vergatterung immer leicht bestimmen können. In den Kehlen des Gewölbes und wenigstens in der Mitte jeder Umfassungsmauer und senkrecht auf dieselbe müssen Lehrbogen aufgestellt

werden, um das Gewölbe einschalen zu können. Alle diese Lehrbogen durchschneiden sich in einer lotrechten Linie durch den Scheitel des Gewölbes und müssen daher hier unterstützt werden. Dies geschieht durch einen Pfosten, den sogenannten Mönch, der alle die genannten Lehrbogen in Einschnitten aufnimmt und festhält. Es leuchtet ein, daß nur einer der Lehrbogen in einem Stücke durchgehen kann, vorausgesetzt, daß seine Grundlinie eine gerade ist, und daß alle übrigen aus zwei Hälften bestehen müssen.

in einer Weise erfolgen, daß die langsame Ausrüstung ohne Erschütterungen möglich ist. (Siehe hierwegen S. 179 u. 180.)

Die Ausführung der Wölbung der einzelnen Wangenstücke erfolgt ganz wie beim Tonnengewölbe, von dem sie ja Teile sind.

Bei der Kufwölbung, die wenigstens bei den halbkreisförmigen Klostergewölben die Regel bildet und bei der die Lagerfugenkanten parallel zu den Widerlagern laufen, Fig. 639 u. 640, ist darauf zu achten, daß die Steine in den Kehlen gehörig ineinander greifen und hier nicht etwa durchlaufende Fugen entstehen.

Fig. 637.

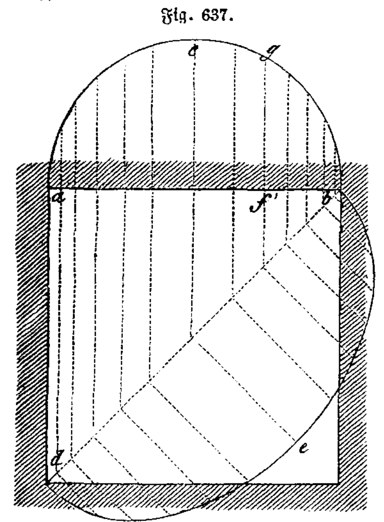


Fig. 638.

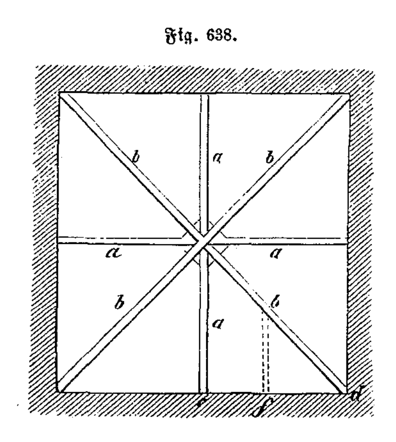
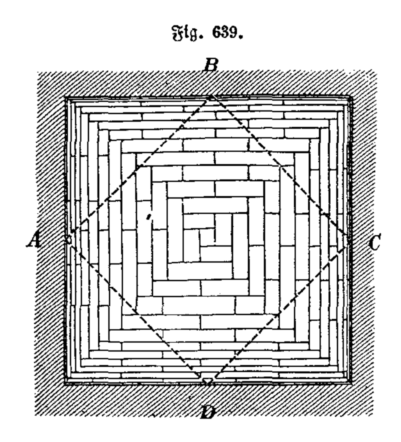
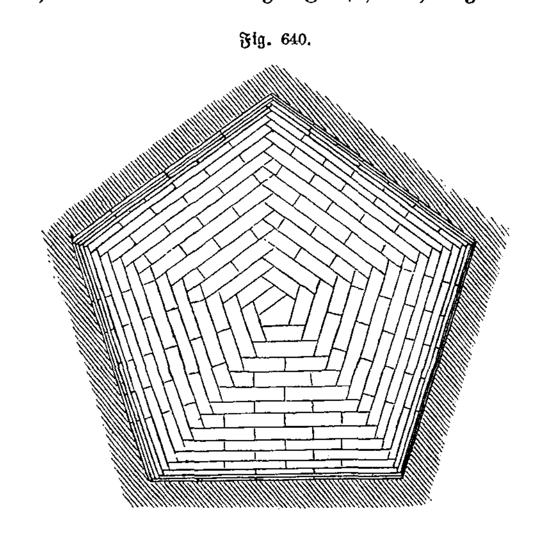


Fig. 639.



So werden in dem quadratischen halbkreisförmigen Gewölbe Fig. 638 die Scheitelbogen a a nach der Halbkreislinie a c b Fig. 637, die elliptischen Diagonalbogen b b nach d e b, und etwaige Zwischenlehrbogen f b nach

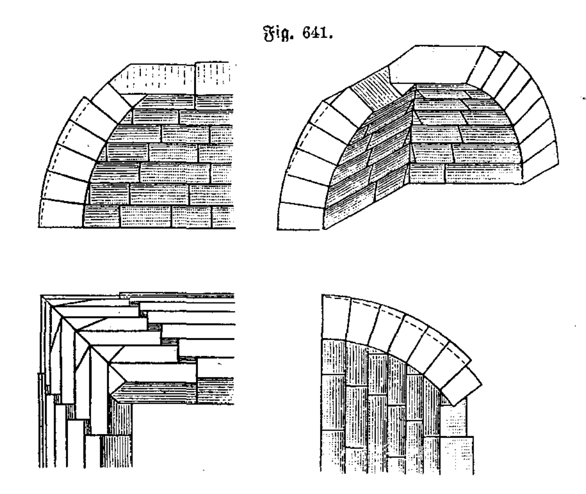
Fig. 640.



der Bogenlinie b g Fig. 637 gebildet, falls solche wegen der Größe der Wangenfelder notwendig sein sollten; diese Zwischenbogen werden an dem Diagonalbogen befestigt und, soweit erforderlich, durch Längshölzer oder Pfosten unterstützt. Die Einrüstung muß wie beim Tonnengewölbe

Zu diesem Zweck müssen die einzelnen die Kehle bildenden Steine abwechselnd in die andere Wange übergreifen, was nur durch ein Behauen in der Leibungs- und der entsprechenden Lagerfläche zu erreichen ist. Diese Kehlwölbung ist in Fig. 641 im Grundriß, in 2 Ansichten

Fig. 641.

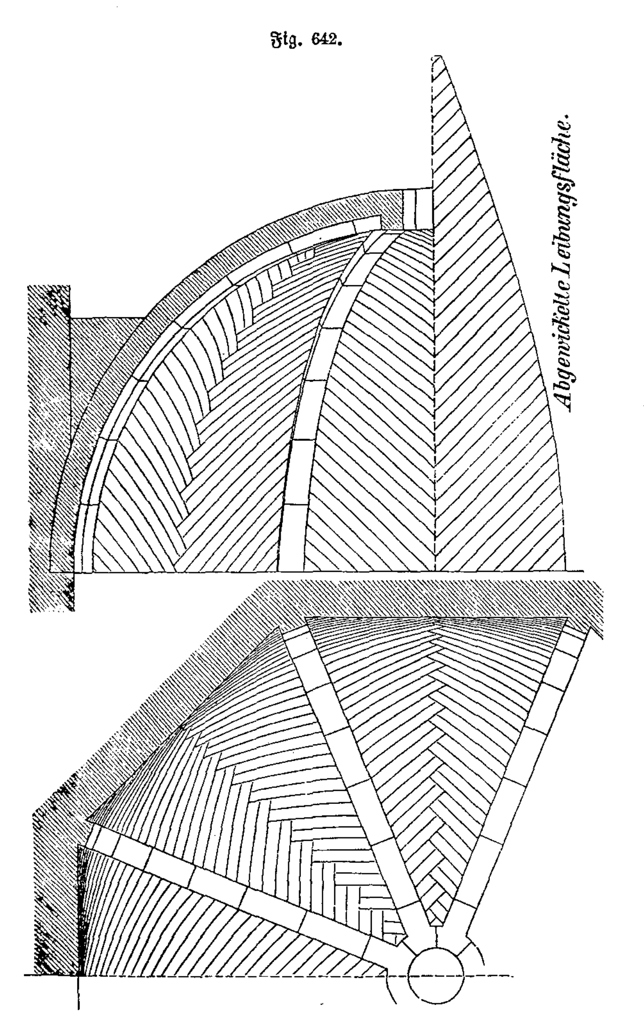


und einer isometrischen Projektion veranschaulicht. Wegen dem Verhau der Steine in der Leibungsfläche bilden die Kehlsteine in der Rückenfläche Vertiefungen, die gegen den Scheitel hin immer bedeutender werden; deshalb wölbt man selbst bei $1/2$ Stein starken Gewölben nur die unteren

Schichten mit Läufern (wie in Fig. 641 der größeren Deutlichkeit wegen angenommen), während in den oberen Schichten nur Binder verwendet werden, um diese Vertiefungen zu vermeiden.

Die Kufwölbung erfordert volle Einschalung, ebenso die Ringwölbung (Mollersche Wölbung), während die Wölbung auf Schwalbenschwanz freihändig, auf einzelnen Lehrbogen ohne Einschalung ausgeführt werden kann.

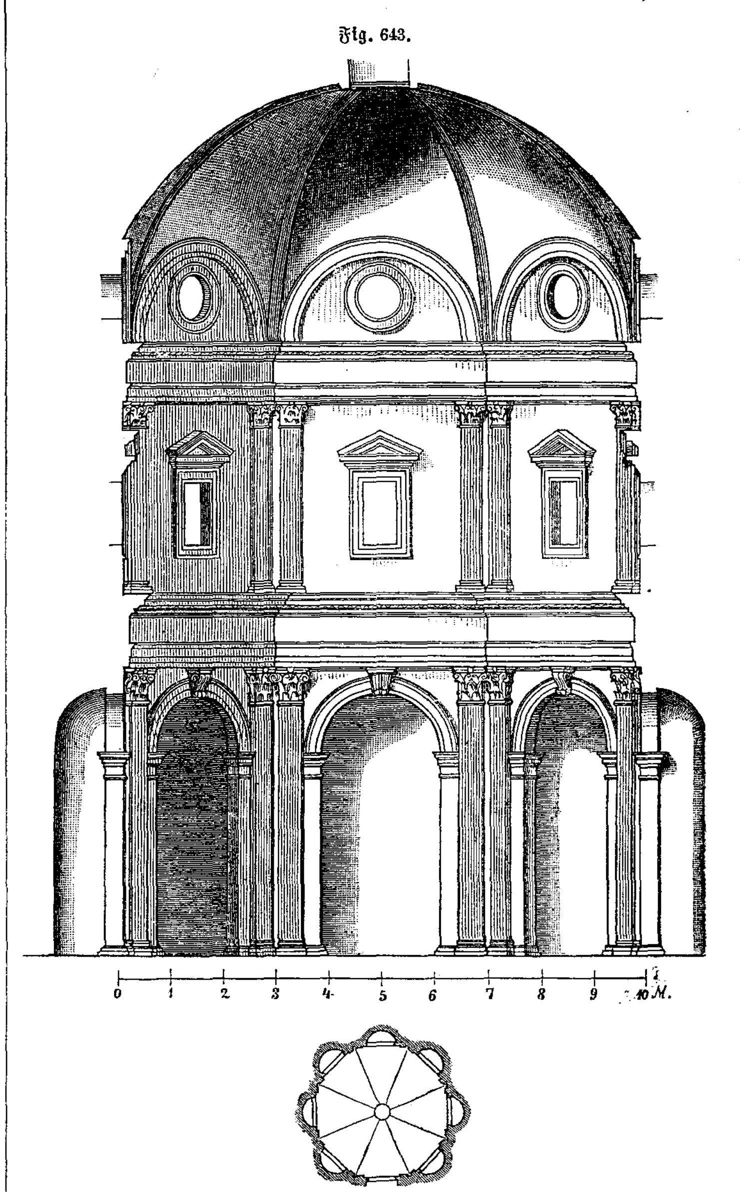
Fig. 642.



Taf. 46, Fig. 1, zeigt die schwalbenschwanzförmige Einwölbung einer Klosterkappe (Klostergewölbe in Stichbogenform); die Gewölbeschichten stehen in jedem Quadranten normal auf dem Diagonalbogen, Fig. 2, bilden somit elliptische Spitzbogen, die in Fig. 4 in zwei Schichten in wirklicher Gestalt dargestellt sind, mit Angabe des Verbandes in der Kehle, wobei darauf geachtet ist, daß Fugen in den Kehlen vermieden und sämtliche Stoßfugen durch darunter- und darüberliegende Steine gehörig gedeckt werden. Die Verzeichnung der elliptischen Lagerfugenkanten in Horizontal- und Vertikalprojektion erfolgt mit Hilfe von Mantellinien 1, 2 u. s. w., genau wie beim Tonnengewölbe. Der Einfachheit halber ist die elliptische Kehllinie als Kreislinie aus dem Mittelpunkte M geschlagen, da diese von dem elliptischen Bogen nicht bemerkenswert abweicht.

Halbkreisförmige Klostergewölbe können in dieser Weise nicht ausgeführt werden, da die im unteren Gewölbeschenkel liegenden Schichten stark keilförmig werden; hier

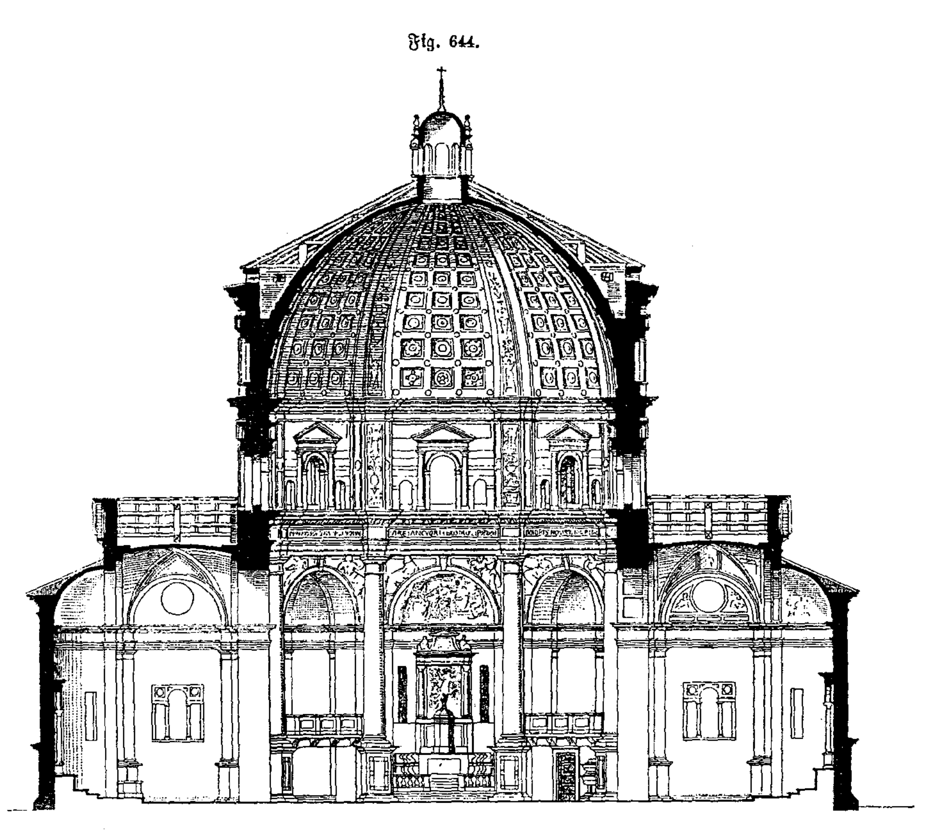
Fig. 643.



müssen vielmehr besondere Kehlbogen, Kehlgurten in Backstein oder besser in Haustein ausgeführt und die Backsteinschichten so zwischen Widerlager und Kehlgurte eingezogen werden, daß sie in der Aufklappung der Gewölbewange Linien unter 45 Grad zur Horizontalen bilden. Diese Wölbungsart, die insbesondere bei größeren Konstruktionen, den rippengeteilten „Kuppeln", Anwendung findet, ist im Schema in Fig. 642 im Grundriß, Aufriß und in einer Abwickelung dargestellt (s. auch § 15, die Aus-

führung der Kuppeln). Die Wölbungsart ist übrigens nicht sehr zu empfehlen, da am Zusammenschnitt der Schichten leicht Risse und Sprünge entstehen, und es ist vorzuziehen, die zwischen den Rippen liegenden Kappen in Kufschichten auszuführen.

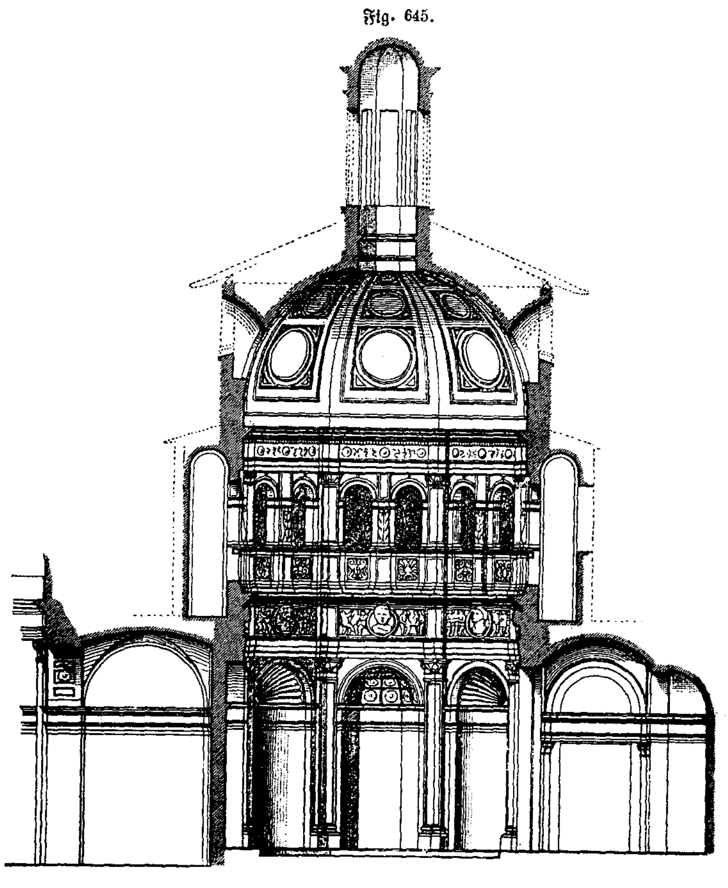
Fig. 644.



Dagegen empfiehlt sich die schwalbenschwanzförmige Einwölbung, sobald die Kappenfelder nicht mehr reinen Tonnengewölbeflächen angehören, sondern an deren Stelle sphärisch gekrümmte Kappenflächen treten. Diese Gewölbe, die in der Regel nur über regelmäßigem Achteck und besonders in der italienischen Renaissance auftreten, gehören nach Form und Konstruktion bereits den Kreuzgewölben an, werden aber stets als „Kuppeln" bezeichnet. Wir geben als Beispiel den Durchschnitt durch den achteckigen Kuppelraum der Sakristei bei S. Spirito in Florenz, Fig. 643, von Antonio del Pollaiulo, 1495.

Erhalten die Leibungsflächen irgend welche Kassettierungen, wie z. B. das Klostergewölbe (Kuppel) von S. M. della Passione zu Mailand, Fig. 644,[1]) so muß ein Gewölbefeld abgewickelt und eingeteilt werden, wobei die Tiefe der nach oben abnehmenden Kassetten nach der für Kuppeln gegebenen Methode, Fig. 666, zu bestimmen ist.

Fig. 645.



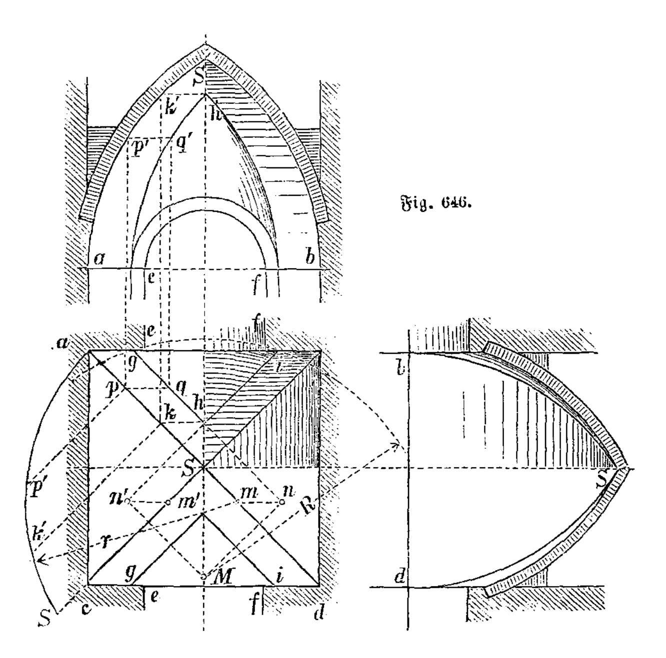
Sollen Stichkappen für Rundfenster angeordnet werden, so kann dies entweder nach der in Fig. 665 für runde Kuppeln dargestellten Weise, oder nach Fig. 645[2]) in der Art geschehen, daß die in den Klostergewölbeflächen liegenden Durchdringungskurven in Form von reinen Kreislinien angenommen und die verbindenden und abdeckenden Stichkappen mit entsprechend gekrümmten Flächen dazwischen gespannt werden.

Interessant gestalten sich die Klostergewölbe, wenn sie nach allen Seiten von Stichkappen durchdrungen werden, Taf. 46, Fig. 5 und Fig. 854 und 854a, welch letztere Figuren ein rippengeteiltes Klostergewölbe (Netzgewölbe) darstellen.

1) Zeitschrift für Bauwesen 1881, Bl. 62.
2) Sakristei von S. M. presso S. Satiro in Mailand. Zeitschrift für Bauwesen 1881, Bl. 50.

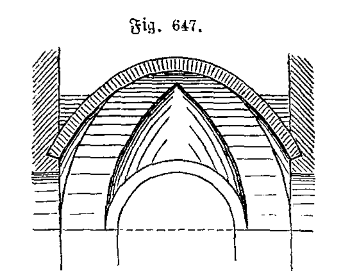
Alle bei den Tonnengewölben bereits besprochenen Stichkappen können selbstredend auch bei den Klostergewölben Anwendung finden; da es sich bei diesen wohl aber stets um architektonische Durchbildungen handelt, so werden regelmäßig gestaltete Leibungsflächen für die Stichkappen bevorzugt. Außer den steigenden cylindrischen Stichkappen, wie solche insbesondere bei den Spiegelgewölben Verwendung finden, sind es die Kugelkappen, die sich vortrefflich eignen, weshalb einige bezügliche Anordnungen im folgenden kurz Erwähnung finden sollen.

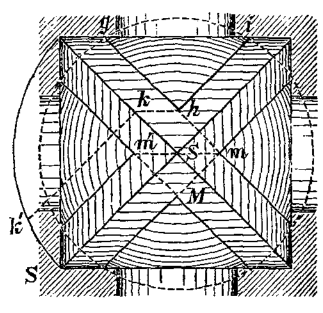
Bei dieser Vereinigung von Kugelflächen und Cylinderflächen wird davon ausgegangen, daß die Durchdringungslinien Kurven einfacher Krümmung, und zwar einfache Kreislinien ergeben; es werden deshalb entweder die Kehllinien des Klostergewölbes oder die Durchdringungslinien als Kreislinien angenommen, und hieraus die Leibungsflächen des Klostergewölbes ermittelt.


Fig. 646.

Bei einem quadratischen Klostergewölbe, Fig. 646, seien zwei einander gegenüberliegende Mauern durchbrochen und diese Öffnungen halbkreisförmig in gleicher Kämpferhöhe mit dem Hauptgewölbe überdeckt. Man nehme die Durchdringungslinien g h und h i parallel den Kehllinien an, verzeichne die Kehllinie a S als Kreisbogen, z. B. aus dem Mittelpunkte m, so wird die Linie g h mit demselben Radius a m = g n zu schlagen sein, d. h. m n || h k || a g; n wird Bogenmittelpunkt, und a k' stellt die wirkliche Form der Durchdringungskurve g h dar. Ebenso giebt n' Bogenmittelpunkt für i h. Zur Bestimmung des Mittelpunktes M der Kugelfläche, der die Leibungsfläche der Stichkappe g i b angehören soll, errichte man n' M senkrecht auf i n', und n M senkrecht auf g n, so giebt Schnittpunkt M den gesuchten Mittelpunkt, und somit M g = M i den Kugelradius, womit das Gewölbe in allen Teilen bestimmt ist. Die Leibungsflächen des Klostergewölbes gehören nunmehr elliptischen Cylinderflächen an und entstehen, indem die Mantellinien a g, a c u. s. w. stets parallel zu sich selbst über die kreisförmigen Kehllinien gleiten.

Unter diesen Annahmen bildet sich ein elliptisches spitzbogenförmiges Klostergewölbe; würde die Kehllinie dagegen als Halbkreis mit dem Mittelpunkte in S angenommen, so würde sich ein halbelliptisches Klostergewölbe ergeben. Werden die Kugelkappen nicht nur an zwei, sondern an allen vier Walmenseiten angeordnet, dann entsteht ein halbelliptisches Klostergewölbe, wie solches in Fig. 647 dargestellt ist.

Fig. 647.




Eine etwas andere Gestaltung ergiebt sich, wenn die Horizontalprojektionen der Durchdringungskurven von Kugelkappe und Klostergewölbflächen nicht parallel den Kehlen laufen, sondern durch den Gewölbescheitel S gehen, also g S und i S, Fig. 648. In diesem Fall werden die Einschnittskurven g S als Kreislinien angenommen, und zwar entweder als Viertelskreis aus dem Punkte S, oder als Spitzbogen aus einem Punkte m, woraus sich dann wieder der Kugelmittelpunkt M mit dem Kugelradius M g = M i ermitteln läßt. Der elliptische Kehlbogen a p' S' wird durch Vergatterung aus dem Kreisbogen g q S abgeleitet.

Erhält der halbkreisförmige Wandbogen die Seitenlänge a b, Fig. 649, als Durchmesser, so fallen die Durchschnittslinien der Kugel- und Cylinderflächen mit den Kehllinien zusammen; diese letztern werden dann unmittelbar als Halbkreise angenommen, und der Kugelmittelpunkt fällt mit dem Schnittpunkt der Diagonalen zusammen, so daß ein Gewölbe entsteht, von dem zwei Felder dem Kugelgewölbe und zwei einem halbelliptischen Klostergewölbe angehören.

Werden die Kugelkappen nicht in den Achsen des Raumes, sondern zunächst den Ecken angebracht, wie in Fig. 650, so schneiden sich jeweils zwei benachbarte Kugelkappen in der diagonalen Linie a m, wogegen die Schnittlinien mit den Flächen des Klostergewölbes in der Horizontalprojektion senkrecht zu den Wandlinien stehen, wie e m und g m, so daß alsdann nur einzelne sich

kreuzende und nach den Achsenrichtungen laufende verhältnismäßig schmale Teile des Klostergewölbes übrig bleiben. Man verzeichne den Bogen a m als Viertelskreis aus dem Mittelpunkte m und bestimme den Kugelmittelpunkt M, indem man die Senkrechte in m auf a m und in o auf a e zum Schnitt bringt. Der mit dem Radius M a durch a und e gezogenen Kugel gehört dann der Wandbogen a e, der Gratbogen a m und der aus n gezogene Kreisbogen e m an, wobei n M senkrecht auf o M zu ziehen ist. Auf dieselbe Weise wird Mittelpunkt M′ für die Kugelkappe a g m ermittelt. Der Querschnitt der übrig bleibenden Klostergewölbflächen bildet sich dann als Korbbogenlinie aus den Mittelpunkten n^2 und q. Solche Gewölbeanordnungen, die sich für reiche dekorative Behandlung vortrefflich eignen, finden sich insbesondere im sog. Jesuitenstil; eine isometrische Darstellung in Fig. 651 läßt den reichen Wechsel der Gewölbeleibungsflächen deutlich erkennen.

Fig. 648. Fig. 650.

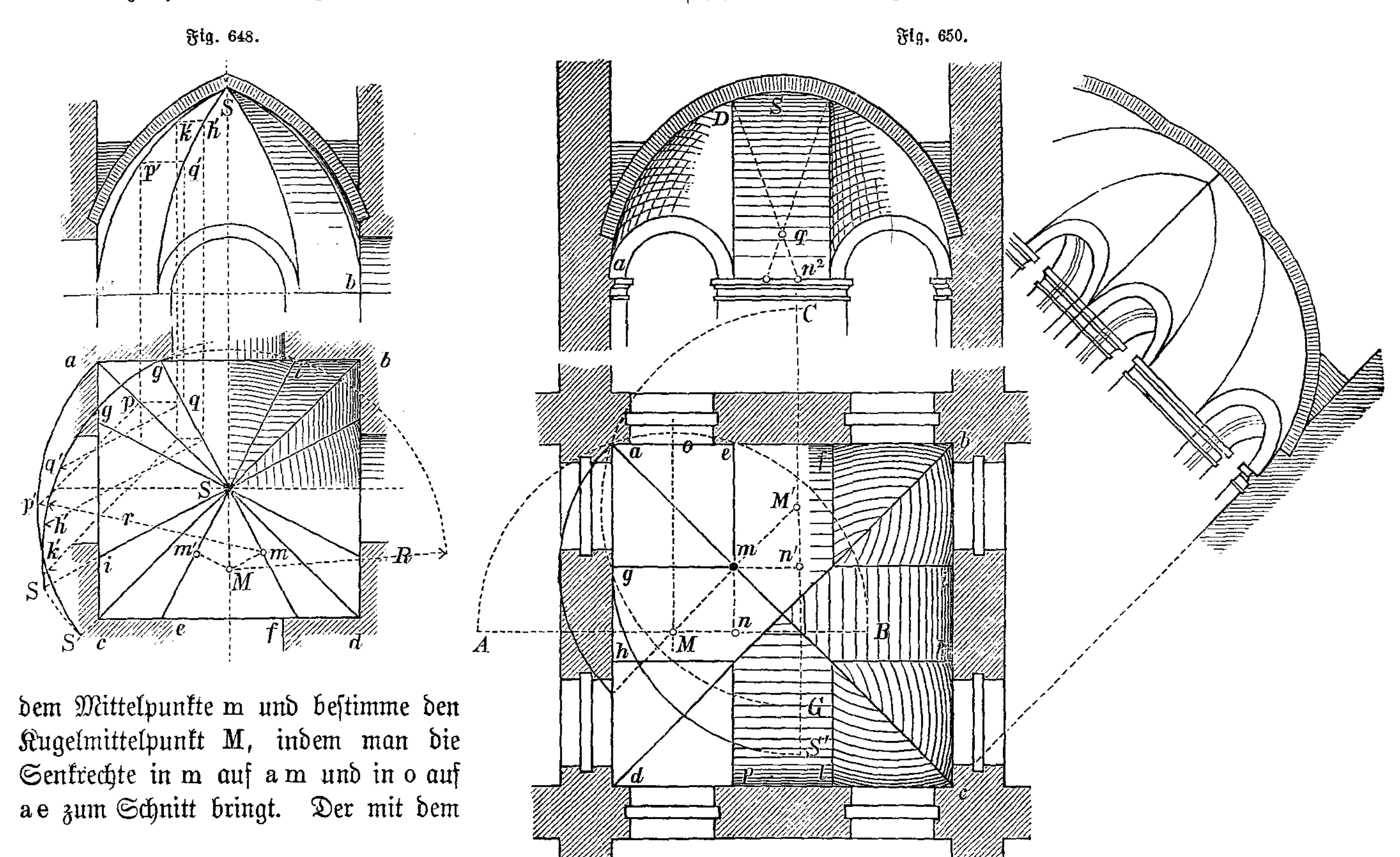


Fig. 649.

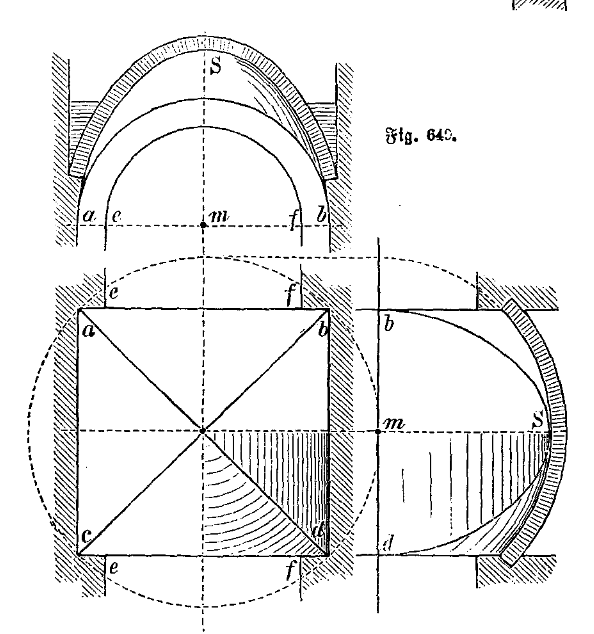
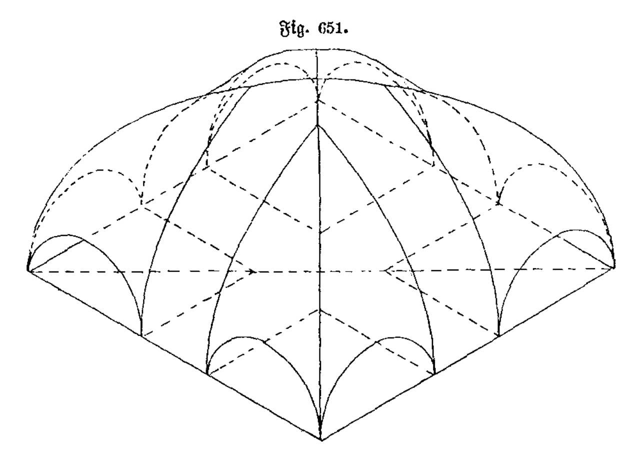


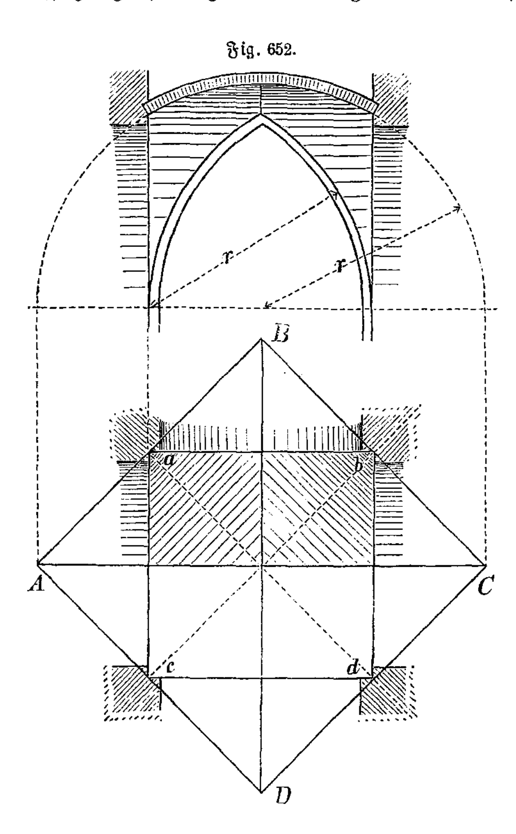
Fig. 651.



Auch ohne Anlage von Stichkappen läßt sich das Klostergewölbe zu einem offenen Gewölbe umgestalten.

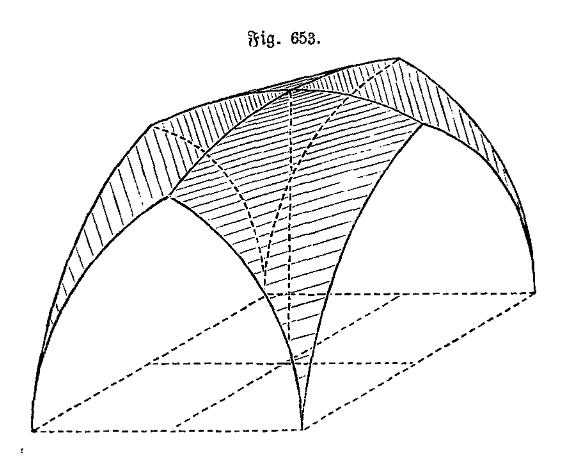
schneidet man nämlich, Fig. 652, aus einem Klostergewölbe das mittlere Quadrat durch senkrechte Ebenen heraus, so verbleibt ein Gewölbe mit 4 Widerlagspunkten a, b, c, d und 4 spitzbogenförmigen Wandbogen. Um diese nicht

Fig. 652.



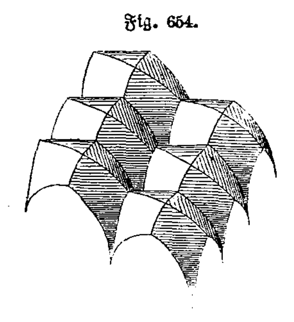
als elliptische, sondern als einfache kreisförmige Spitzbogen zu erhalten, wird nicht der Querschnitt der Tonne, sondern die Kehllinie A C, Fig. 652, als Halbkreis mit dem Radius r

Fig. 653.



angenommen, wonach sich die Wandbogen a c als gleichseitige Wandbogen mit demselben Radius r verzeichnen. Fig. 653 giebt eine isometrische Darstellung eines solchen Gewölbes, und Fig. 654 eine Zusammensetzung desselben.

Fig. 654.

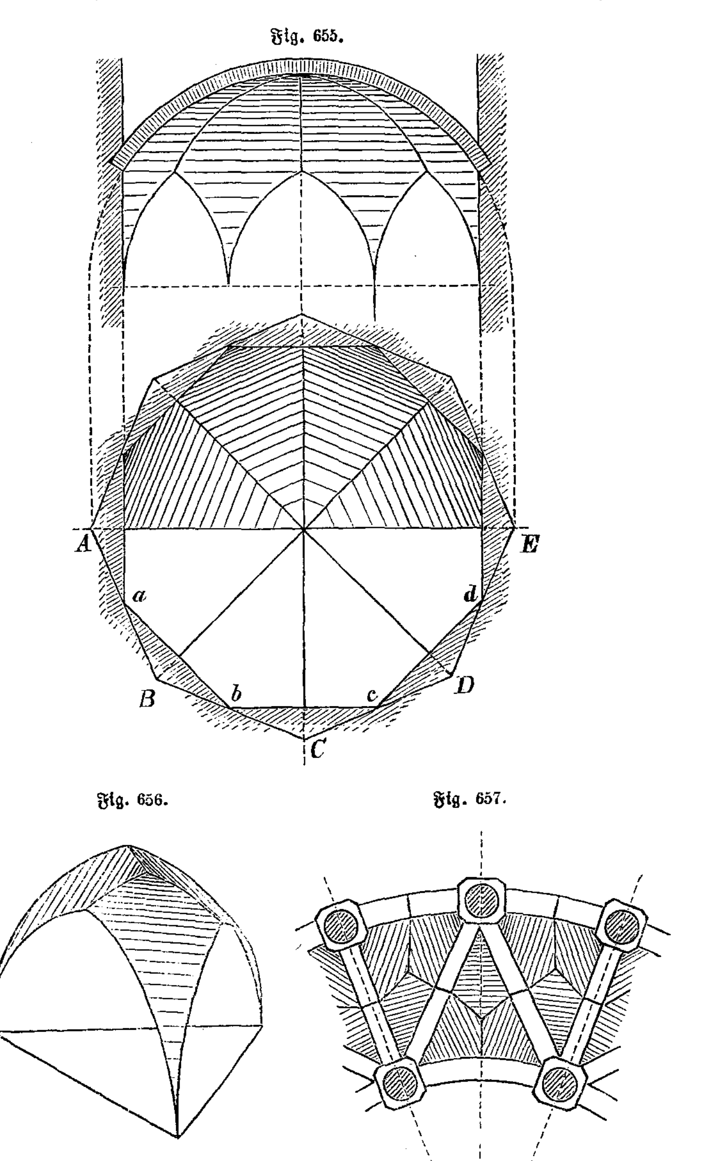


Sehr schön gestaltet sich das Gewölbe über achteckigem Raum, Fig. 655, wobei wieder die Kehllinien als Halbkreise angenommen werden.

Auch über dreieckigen Räumen lassen sich derartige offene Klostergewölbe ausführen, Fig. 656; ein solches findet sich z. B. in Notre Dame in Paris, Fig. 657.

Die achtseitigen Klostergewölbe (Kuppeln) werden vielfach auf quadratischem Unterbau ausgeführt, in welchem

Fig. 655.



Fall ähnliche Überführungen (Pendentifs) wie für die runden Kuppeln erforderlich werden. Da die Konstruktion in beiden Fällen dieselbe bleibt, so verweisen wir auf das im § 14 hierüber Mitgeteilte und auf Fig. 681, 682

bis 690. Ebenso bezüglich der Hintermauerung auf den betreffenden Abschnitt bei den Tonnengewölben und auf Fig. 674.

Für die Ausführung der Klostergewölbe in Bruch- oder Hausteinen gilt alles beim Tonnengewölbe Gesagte; besondere Aufmerksamkeit ist dem Verbande in den Kehlen zu widmen, der bei Werksteinen gewöhnlich mit Hakensteinen hergestellt wird, die in beide Gewölbewangen eingreifen, Fig. 668.

Die statische Untersuchung des Klostergewölbes erfolgt unter Zugrundelegung des Scheitelschnittes in derselben Weise wie beim Tonnengewölbe.

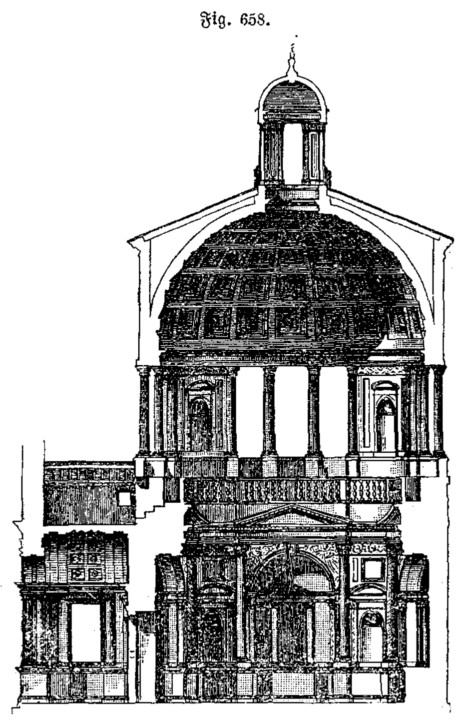
C. Das Kuppelgewölbe.

§ 14.

Allgemeine Anordnungen.

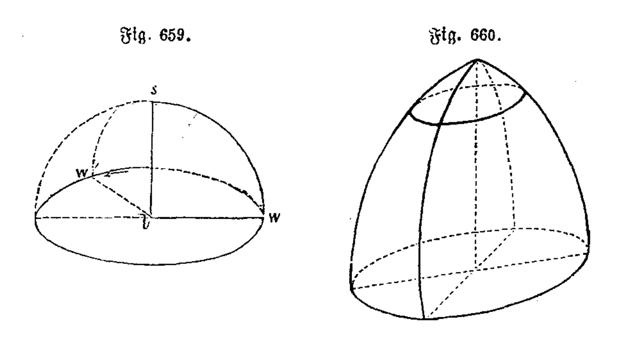
Da die Anzahl der Seiten des Grundrißpolygons für das Klostergewölbe unbegrenzt ist, so können wir sie unendlich groß annehmen, wodurch das Polygon in den Kreis und das Klostergewölbe in die Kuppel übergeht; das halbkreisförmige Klostergewölbe wird dabei zur Halbkugel, Fig. 658.[1])

Fig. 658.



Wir können uns das Kuppelgewölbe auch so entstanden denken, daß sich ein Halbkreis, ein Kreisabschnitt, eine halbe Ellipse, ein Korbbogen, ein Spitzbogen u. s. w. um die lotrechte Achse bewegt und die Leibungsfläche des Kuppelgewölbes erzeugt, das je nach der Kurve den Namen eines kugelförmigen, elliptischen, spitzbogigen u. s. w. Kuppelgewölbes annimmt, Fig. 659 u. 660.

Fig. 659. Fig. 660.



Danach bildet die innere Fläche des Kuppelgewölbes eine Rotationsfläche, und alle horizontalen Schnitte sind Kreise. Dessenungeachtet werden auch über achteckigen Grundfiguren konstruierte Klostergewölbe Kuppeln genannt, was auch deshalb zulässig ist, weil die Konstruktionsprinzipien beider, wie schon aus der Entwickelung der Leibungsflächen hervorgeht, dieselben sind.

Die einfachsten Kuppelgewölbe bilden sich auf cylindrischem Unterbau, doch kann man sie auch über quadratischem und jedem anderen regelmäßigen polygonalen Raume konstruieren, in welchem Fall die ringförmigen Widerlager durch besondere Gewölbefelder, die Gewölbezwickel oder Pendentifs hergestellt werden, Fig. 661 u. 662, die in der verschiedensten Weise durchgebildet werden können.

Ein vornehmlich auch im Steinschnitt interessantes Beispiel einer solchen Bildung findet sich in der aus dem 12. Jahrhundert stammenden Kirche in Roulet (Charente), deren Mittelschiff mit 3 solcher Kuppeln überwölbt ist, deren Konstruktion Fig. 663 zeigt.[1])

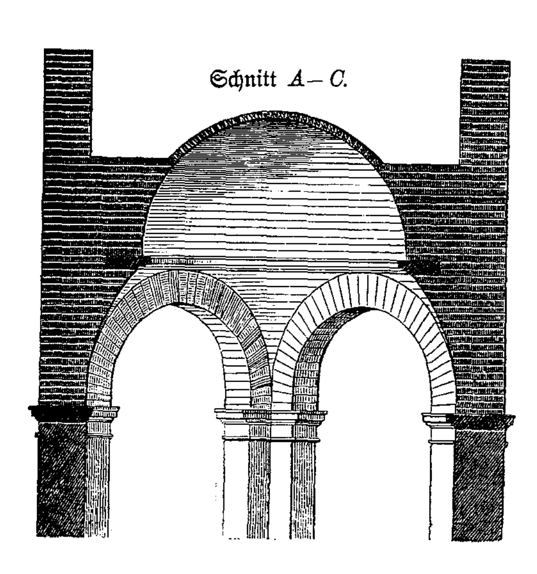
Häufig wird zwischen Kuppel und Pendentifs ein senkrechter polygonaler oder cylindrischer Mauerkörper eingeschoben, der sogenannte „Tambour", in dem gewöhnlich Fenster zur Beleuchtung des Kuppelraumes angeordnet sind, siehe Taf. 48; die größeren Kuppeln erhalten meistens auch im Scheitel eine Lichtöffnung, das sogenannte „Auge", über dem sich dann ein durchbrochener cylindrischer oder polygonal gestalteter, mit einer kleinen Kuppel oder einem Kegeldach geschlossener Aufsatz erhebt, die sogenannte „Laterne", Taf. 48. Liegen die Fenster nicht im Tambour, sondern in der Kuppel selbst, so müssen, ähnlich wie bei dem Tonnengewölbe, Stichkappen angeordnet werden.

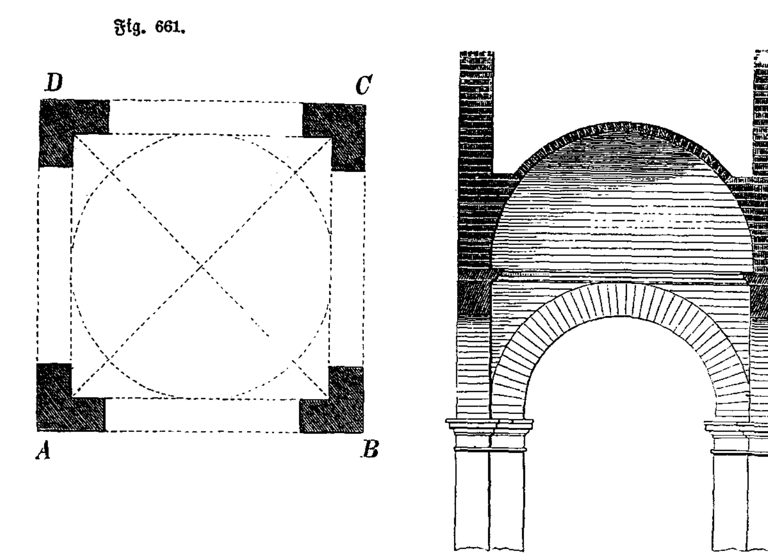
1) Kapelle in S. Bernardino in Verona von Sanmicheli (1484—1559).

1) Nach Baudot, Eglises de Bourgs et Villages, Paris 1867.

Zur Bildung der Stichkappen werden meistens Kegelflächen verwendet, deren Durchdringungskurve mit der Kuppelleibungsfläche ermittelt werden muß. Fig. 664 zeigt und ebenso der Durchschnitt des mit R_1 geschlagenen Kreises mit jenem aus r_1 den Durchschnittspunkt b. Der Scheitelpunkt c kann unmittelbar bestimmt werden.

Fig. 661.





eine halbkugelförmige Kuppel, die von halbkreisförmig geschlossenen Fenstern durchbrochen wird; die Fensternische mit den schrägen Fensterleibungen, die sich in der senkrechten Linie s schneiden, wird durch einen horizontalen halben Kegel mit der Spitze in s geschlossen.

Fig. 662.

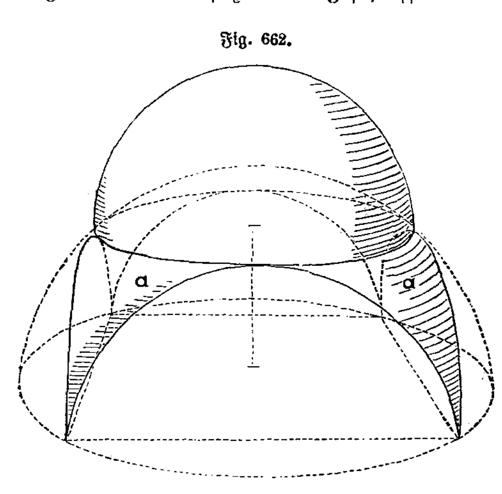
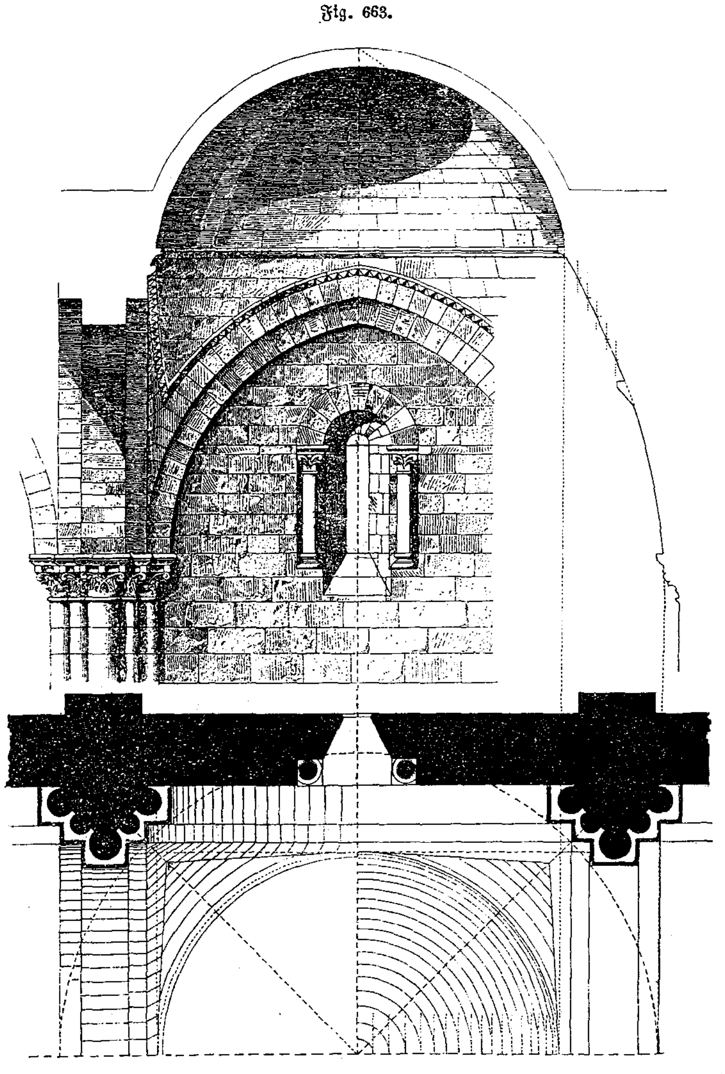


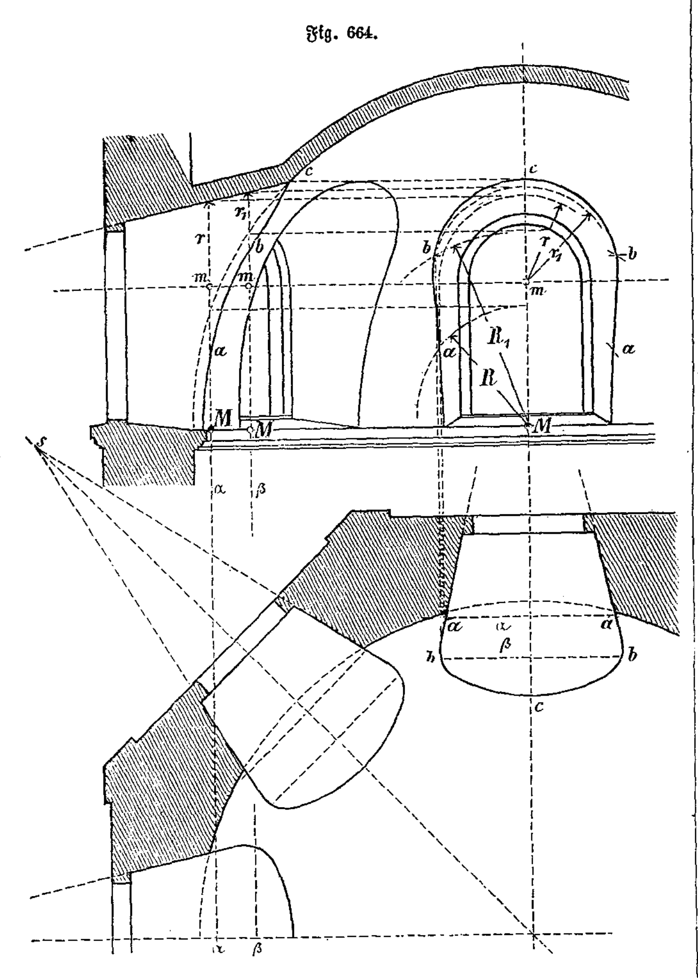
Fig. 663.



Es entsteht sonach die Aufgabe, den Schnitt eines horizontal liegenden Kreiskegels und zweier denselben tangierenden Vertikalebenen mit einer Kugel zu bestimmen. Hierzu bedient man sich am einfachsten vertikaler Ebenen $\alpha, \beta, \ldots$, die die beiden Umdrehungsflächen in Kreisen schneiden, und zwar die Kugel in Kreisen mit den Halbmessern R, $R_1, \ldots$ vom Mittelpunkte M, und den Kegel in Kreisen mit den Halbmessern r, $r_1, \ldots$ von dem Mittelpunkte m. Der Durchschnittspunkt des Kreises von R mit dem von r, beziehungsweise dessen lotrechter tangentialer Verlängerung liefert den Punkt a der Durchdringungskurve,

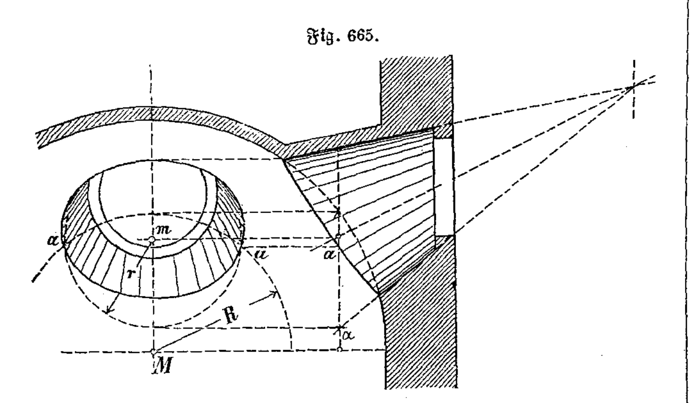
Fig. 665 zeigt wieder eine halbkugelförmige Kuppel, deren Beleuchtung durch kreisrunde Fenster erfolgen soll. Es ergeben sich Durchdringungen von elliptischen Kegeln

Fig. 664.



mit kreisförmigen Vertikalschnitten mit dem Kuppelgewölbe. Die Durchdringungskurven werden genau wie im vorigen Fall mit Hilfe von Vertikalschnitten α ermittelt, die Kugel

Fig. 665.

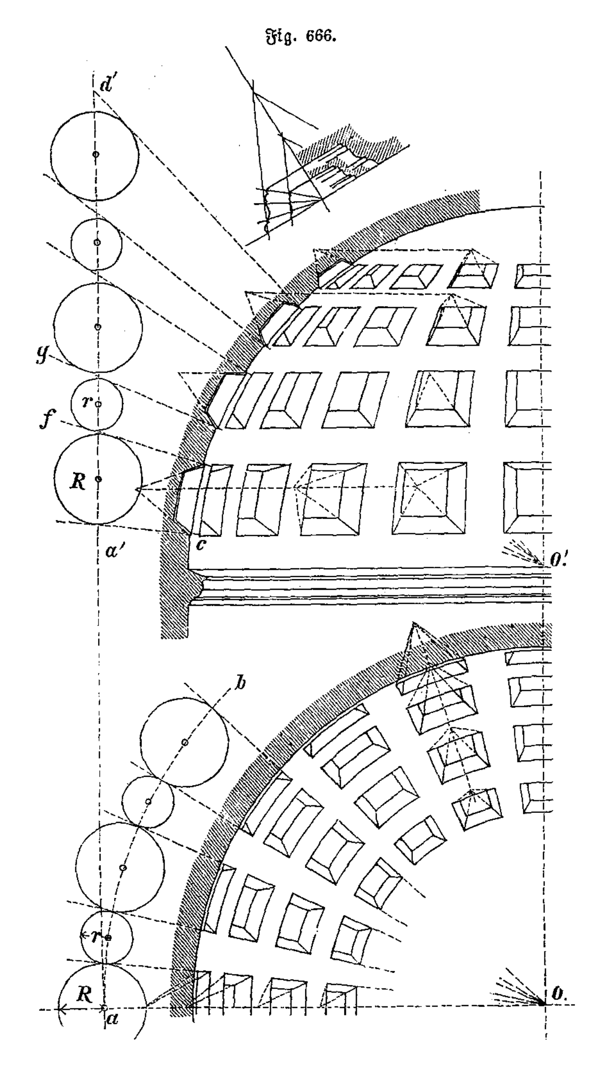


und Kegel in Kreislinien mit den Halbmessern R und r schneiden, deren Durchschnittspunkte a Punkte der Durchdringungskurve liefern.

Die Anordnung kann auch nach der in Fig. 645 für achteckige Kuppeln gezeichneten Weise getroffen werden.

Wie beim Tonnengewölbe, so können auch beim Kuppelgewölbe die Leibungsflächen durch Kassetten belebt werden, siehe Fig. 697 u. 658. Die Austeilung der Kassetten geschieht nach dem Emyschen Verfahren in folgender Weise:

Fig. 666.



Man bestimme im Grundriß, Fig. 666, die Anzahl der Kassetten und deren Breite im Verhältnis zur Stegbreite auf einem beliebigen, außerhalb des Raumes liegenden Kreise a b, und schlage mit der halben Kassettenbreite R und der halben Stegbreite r auf a b die sich gegenseitig berührenden Kreise, so ergeben die durch diese Berührungspunkte und den Mittelpunkt O gezogenen Strahlen in dem Grundriß die Begrenzungslinien der nach dem Scheitel verlaufenden Stege. Man ziehe nun durch a die Lotrechte a' d', bestimme die untere Kassettenkante c, ziehe O' c, und den ersten Kassettenkreis tangierend an diese, so ergiebt die obere Tangente f O' die Höhe der ersten Kassettenreihe; jetzt schlage man den Stegkreis tangierend an f O' mit dem

Mittelpunkte auf a′ d′, und ziehe die obere Tangente g O′, so ergiebt diese im Durchschnitt mit der Kuppelfläche die Unterkante der zweiten Kassettenreihe, u. s. w.

Fig. 667.

Um den Kassetten eine ihren Größenverhältnissen entsprechende Vertiefung zu geben, läßt sich mit Vorteil die Pyramidenform verwenden, indem man über den annäherungsweise quadratischen Kassettenfeldern Pyramiden von gleichen Höhenverhältnissen verzeichnet, wie dies Fig. 666 näher erläutert. Die proportionale Verkleinerung der die Kassetten einrahmenden Profile erfolgt nach der in Fig. 666 gegebenen Konstruktion.

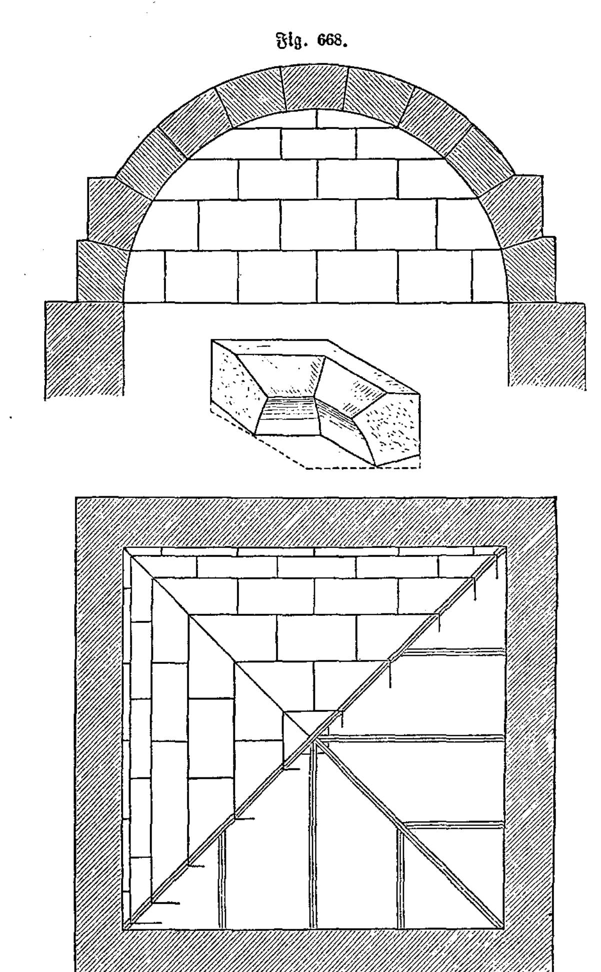
Sollen die Kassetten eine dreieckige, sechseckige oder irgend welche andere Form erhalten, so bleibt nichts übrig, als ein zwischen zwei Meridianen der Kuppel liegendes Kassettenfeld abzuwickeln und darin die Teilung auszuführen, ein Verfahren, das übrigens auch zur Bestimmung annähernd quadratischer Kassetten benutzt werden kann und durch Fig. 667 hinreichend erläutert sein dürfte.

§ 15.

Ausführung der Kuppel

Die Kuppel entsteht aus dem Klostergewölbe, wenn dieses über einem Polygon von unendlich vielen Seiten, über dem Kreis, zur Ausführung kommt. Während die Lagerflächen bei dem auf Kuf gewölbtem Klostergewölbe abgestumpfte Pyramiden bilden, Fig. 668, gehen diese bei dem Kuppelgewölbe in abgestumpfte Kegelflächen über, und die einzelnen Wölbschichten bilden vollständige in sich geschlossene Ringe mit in lotrechten Ebenen liegenden central gerichteten Stoßfugen, so daß offene Kuppeln bestehen können und bei jeder Schicht mit dem Wölben aufgehört werden kann, Fig. 669 u. 670. Diese Form der Schichtung macht es möglich, kleinere kugelförmige Kuppeln ohne Lehrbogen einzuwölben, Fig. 671, wenn man im Centrum der Kuppel das eine Ende einer Latte, der sogenannten „Leier“, von der Länge des Kugelhalbmessers, drehbar befestigt, wodurch die richtige Lage der Schichten und die Richtung jeder einzelnen Fuge leicht bestimmt werden kann. Die unteren Backsteinschichten können ohne weiteres verlegt werden, da ihre Lagerfugen nur wenig von der Horizontalebene abweichen; gegen den Scheitel hin, wo die Lagerfugen so stark geneigt sind, daß ihre relative Schwere den aus der Reibung und der Adhäsion des noch weichen Mörtels herrührenden Widerstand überwindet, kann man die einzelnen Steine vor dem Schluß der ganzen Schicht dadurch gegen Herabgleiten schützen, daß man außerhalb des Gewölbes, oder in einer tiefer gelegenen äußeren Fuge das eine Ende einer Schnur mit einem Nagel befestigt, an das andere Ende einen Backstein bringt, denselben im Innern der Kuppel frei herabhängen läßt und die dadurch gespannte Schnur immer über den zuletzt versetzten Stein legt.

Fig. 668.



Bei größeren Kuppeln oder bei anderen Formen als der reinen Kugelleibung kann man sich entweder eines um die lotrechte Achse drehbaren Lehrbogens bedienen, oder man stellt einzelne Lehrbogen, die einander gleich sind, central auf, Fig. 670, und bestimmt die richtige Leibung der runden Kuppel dadurch, daß man an irgend einem beliebigen Punkte der senkrechten Achse des Gewölbes eine Schnur befestigt, solche in der Höhe der gerade zu wölbenden Schicht an die Außenkante eines der Lehrbogen bringt, mäßig anspannt und die Länge durch einen Knoten oder durch eine in die Schnur gesteckte Nadel bezeichnet. Diese wird, wenn man sie in gleicher Höhe rund herumführt, immer in der Leibung der Kuppel bleiben, mithin auch

die Lage der Steine einer und derselben Schicht genau bezeichnen.

Fig. 669.

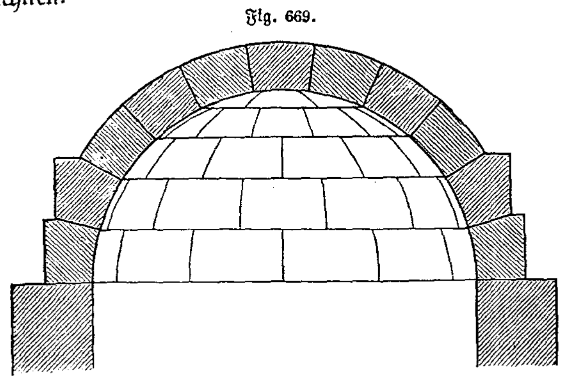
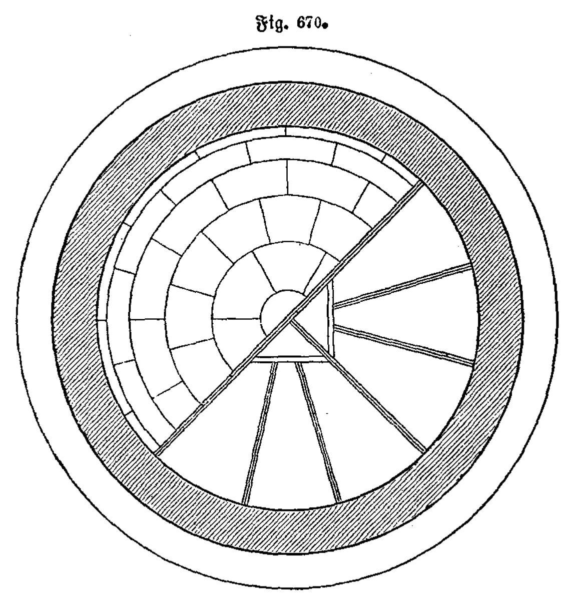
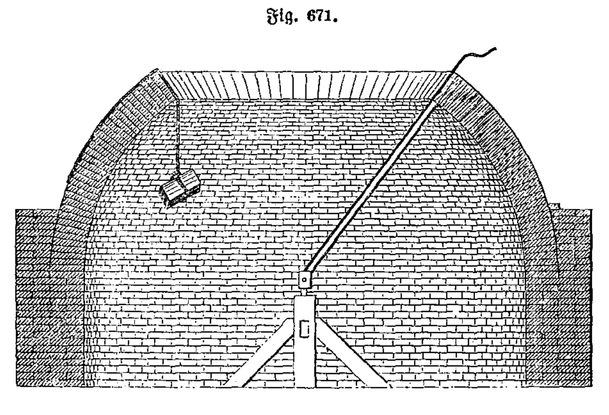


Fig. 670.



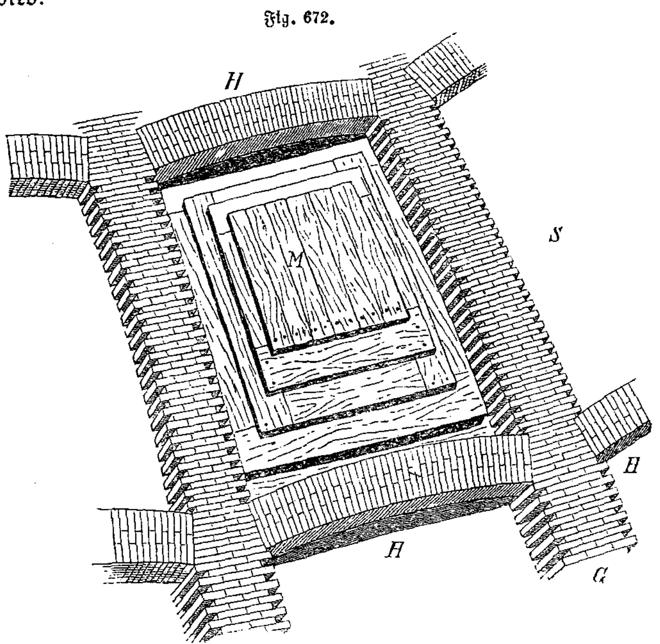
Bei kassettierten Kuppeln müssen, der Anzahl der Stege — Rippen — entsprechend, feste Lehrbogen aus doppelten oder dreifachen Brettlagen aufgestellt werden;

Fig. 671.



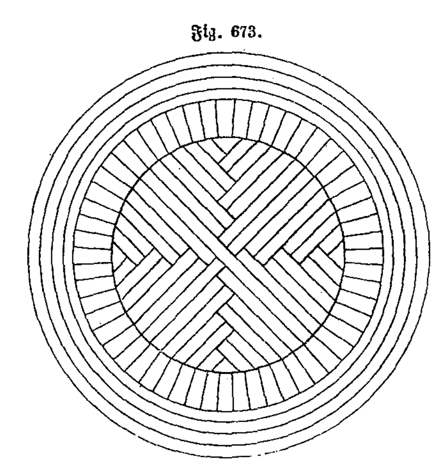
über diesem Gerippe von Lehrbogen werden die Stege in der angenommenen Breite und sich nach oben verjüngend aufgewölbt und im Schlußkranze verspannt. Die horizontalen Stege spannen sich als Ringstücke dazwischen. Für die Ausführung der Kassetten sind feste Kasten M, Fig. 672, herzustellen und auf den Lehrbogen, beziehungsweise auf entsprechend angeordneten Querversteifungen aufzulegen, wodurch die richtige Ausführung der Kassetten gesichert wird.

Fig. 672.



Was den Steinverband betrifft, können wir uns auf das bei den Tonnengewölben Gesagte beziehen, mit Berücksichtigung der für die Richtung der Fugen gegebenen Regeln. Bei kleinen Krümmungshalbmessern, also auch in der Nähe des Scheitels, kann man nur mit Bindern oder halben Steinen wölben, da die Abweichung der Sehne

Fig. 673.



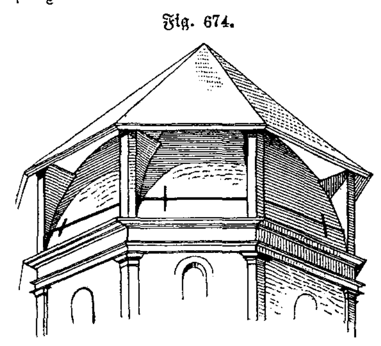
vom Bogen zu bedeutend wird. Schließlich werden die Steinringe so klein, daß man sie auch mit halben Steinen nicht mehr ausführen kann und man ist deshalb gezwungen, einen Ring als Rollschicht einzulegen und den Schluß auf Schwalbenschwanz zu wölben, Fig. 673. Überhaupt bietet die Scheitelwölbung auch deshalb Schwierigkeiten,

weil die Lagerfugen fast senkrecht stehen, und die Steine, solange der Ring nicht geschlossen ist, leicht abgleiten.

Aus diesem Grunde und weil der Scheitel einen geeigneten Platz für Anlage einer Licht- und Luftöffnung bietet, läßt man ihn gerne ganz weg und versieht die Kuppel mit einem sogenannten Auge oder Nabel. Dies ist, wie wir sahen, in jeder beliebigen Höhe auszuführen; um indessen einem solchen Schluß mehr Festigkeit und dessen Leibung eine cylindrische Gestalt zu geben, ihn auch zur Aufnahme einer Laterne geeignet zu machen, pflegt man diesen Ring aus größeren Steinen, Werkstücken, besonders geformten Backsteinen, oder zur Not auch aus Eichenholz herzustellen, Taf. 47, 50, 51.

Auf Taf. 47 geben wir ein einfaches und gutes Beispiel in der Kuppel über dem Vestibül des von Durm erbauten städtischen Bades in Karlsruhe,[1]) welches zugleich die Konstruktion der in Eisen hergestellten äußeren Kuppel, die Werkstein-Architektur und die Abdeckung des quadratischen Unterbaues veranschaulicht. Die Gewölbestärke beträgt unten 1 Stein, oben $1/2$ Stein mit Verstärkungsgurten, zwischen die sich die Mauerbogen der Fensteröffnungen spannen; bis dahin reicht auch die in Bruchstein ausgeführte Hintermauerung. Zur Aufhebung des Gewölbeschubes ist in den das Widerlager bildenden Hausteinkranz ein eiserner mit Blei vergossener Ring eingelassen, gegen den sich der Gewölbefuß stützt.

Fig. 674.



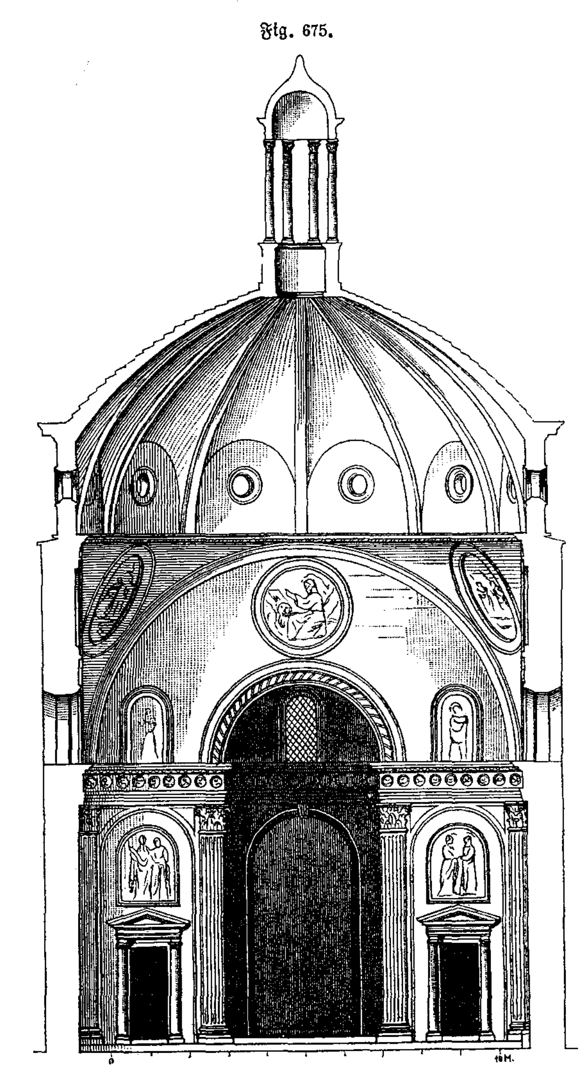
Bei großen Kuppeln würde eine volle Hintermauerung, wie sie die Kuppel, Taf. 47, zeigt, das darunter liegende Mauerwerk in erheblicher Weise belasten. Man legt deshalb, ähnlich wie dies auch bei den Tonnengewölben ausgeführt wird, statt der vollen Hintermauerung nur einzelne Sporen an, Fig. 674,[2]) die eventuell unter sich durch Tonnengewölbe verbunden werden können, um gleichzeitig zur Aufnahme des Daches zu dienen, Fig. 718 u. 719. Die Hintermauerungen werden überflüssig, wenn ein entsprechend hoher Spitzbogen zur Bildung der Kuppelleibungsfläche verwendet wird (Domkuppel in Florenz und Kuppel von St. Peter in Rom).

1) Nach Zeitschrift für Bauwesen 1874, Bl. 22—29. —

2) Aus der S. 235 in der Fußnote angegebenen Abhandlung.

Bei größeren Kuppeln ist die bisher besprochene Wölbung mit Ringschichten nicht vorteilhaft, da diese Wölbung gleichmäßige Stärke für den ganzen Umfang erfordert. Es empfiehlt sich, nach der für die Klostergewölbe in Fig. 642 gegebenen Konstruktionsweise, die Kuppel in tragende Rippen und Füllfelder zu zerlegen:

Fig. 675.



die Rippen werden auf Kuf auf Lehrbogen, und die Zwischenfelder möglichst leicht mit Ringschichten oder auf Schwalbenschwanz aus den Ecken gewölbt. In diesem Fall, und besonders dann, wenn der Fuß der Kuppelwölbung halbkreisförmige oder spitzbogige Lünetten erhält, können die Zwischenfelder in Form von „gebusten“ Kappen, wie bei den Kreuzgewölben, zwischen die Rippen eingespannt werden. Obgleich diese Gewölbeform in Bezug auf Konstruktion und Gestaltung den Kreuzgewölben, beziehungsweise den hieraus entwickelten Chor- und Nischengewölben angehört, wird sie doch stets als Kuppel bezeichnet und hat insbesondere in der italienischen Renaissance eine ausgedehnte Anwendung gefunden. Als Beispiel geben wir

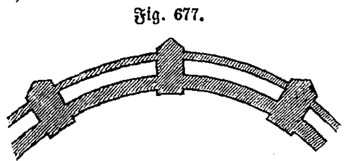
in Fig. 675[1]) einen Durchschnitt durch die von Brunellesco 1425 erbaute alte Sakristei von S. Lorenzo

Fig. 676.

Fig. 678.

in Florenz mit zwölfseitiger durch Rippen geteilten Kuppel über quadratischem Raume, eine ähnliche Anordnung, wie wir sie bereits in Fig. 643 für die Klostergewölbe kennen gelernt haben.

Fig. 677.



Eine ähnliche Anordnung zeigt das Nischengewölbe Fig. 676 aus der Villa Hadrians in Tivoli von 17,10 m Spannweite, wobei jedoch die Schilde, die sich ebenfalls fächerartig bis zum Scheitel ziehen noch breite Teile der Kuppelgewölbefläche zwischen sich lassen.[1])

1) Nach Burkhardt, Geschichte der Renaissance in Italien.

1) Handbuch der Architektur II. Teil, II. Bd.

Wenn die Kuppeln ohne einen dachförmigen Überbau im Äußeren unmittelbar zur Erscheinung kommen sollen, so ordnet man Doppelkuppeln an, und zwar, Fig. 677:

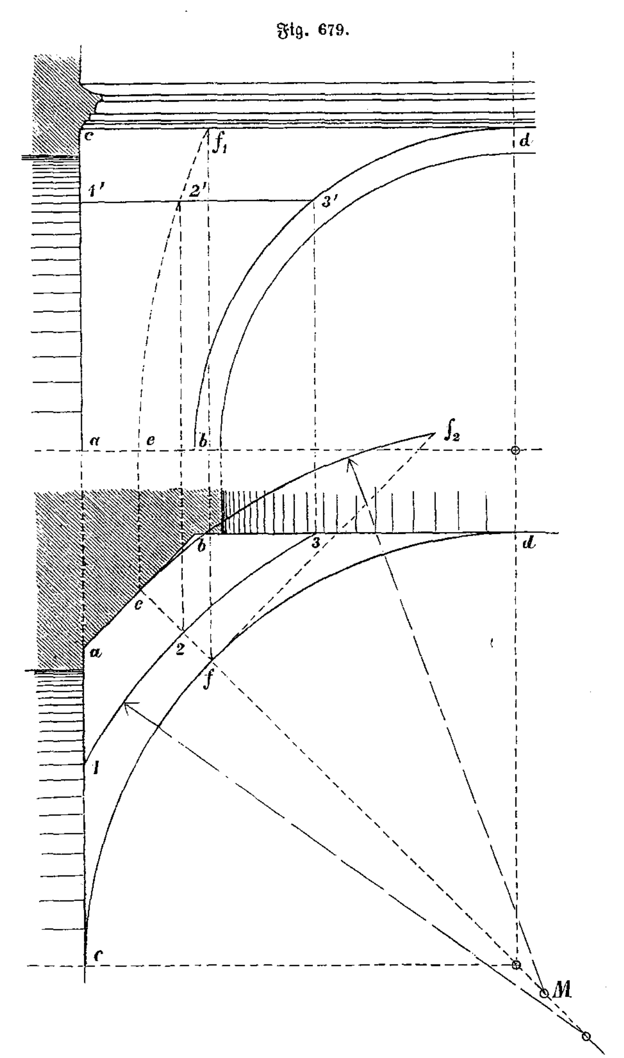
1. Um die innere, häufig reich dekorierte Kuppel vor den unmittelbaren Witterungseinflüssen zu schützen.
2. Um die sonst zu stark vortretenden Rippen zu verdecken.
3. Um die äußere Erscheinung innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der für das Innere zweckmäßigen Gestalt und Höhe ausgestalten zu können (St. Peter in Rom).[1]

§ 16.

Gestaltung und Ausführung der Pendentifs.

Die einfachste Form der Gewölbezwickel zeigt Fig. 661, die einer das Quadrat umschreibenden Halbkugelfläche angehören. Sie können, wie die Kuppel, mit ringförmigen Kegelschichten, siehe Taf. 51, oder besser und widerstandsfähiger und statisch vorteilhafter durch horizontale Vorkragung gebildet werden; diese horizontalen Schichten besitzen infolge ihrer bogenförmigen Gestalt und Konstruktion eine sehr große Tragfähigkeit.

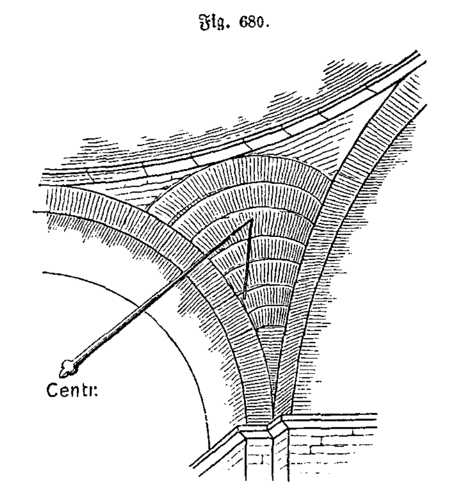
Fig. 679.



Beim Achteck werden die Pendentifs sehr klein, beim abgeschrägten Quadrat, wie bei der Peterskirche, Fig. 678, gehören sie keiner Kugelfläche mehr an; sie schließen sich unten unmittelbar an die Abschrägung a b, Fig. 679, an, und gehen nach oben allmählich in die Kreisrundung c d über. Zur Bestimmung ihrer Leibungsfläche verzeichnet man die mittlere Linie e f als Kreislinie e f^2 aus dem Mittelpunkte M; bringt man diese Linie in die Vertikalprojektion nach e f^1, so sind für jeden beliebigen Horizontalschnitt nunmehr die 3 Punkte 1′, 2′ und 3′ bekannt, durch die im Grundriß die Kreislinie 1, 2, 3 gezogen werden kann, wodurch die Zwickelfläche in allen Punkten bestimmt ist.

Eine eigenartige Ausführung zeigen die Gewölbezwickel in der Markuskirche in Venedig, Fig. 680, die im

Fig. 680.



wesentlichen aus übereinander liegenden Bogen bestehen, deren oberster das Kranzgesimse der Kuppel tangiert. Die Konstruktion ist nicht zu empfehlen, da sie konstruktiv bedeutungslos erscheint.

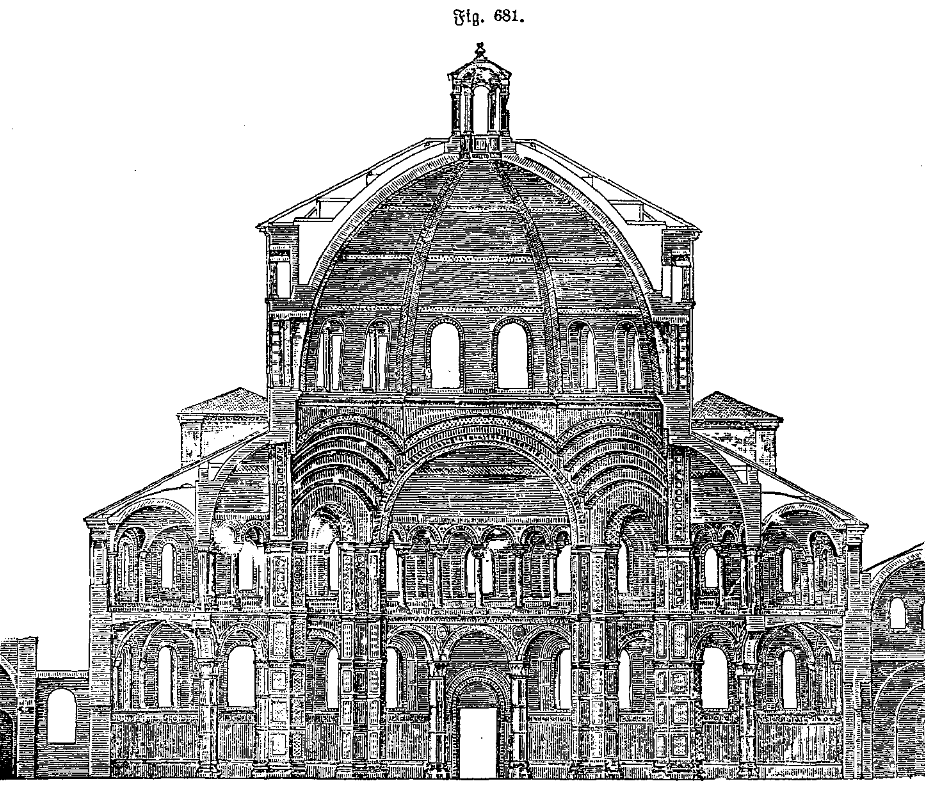
Anstatt durch eine sphärisch gestaltete Fläche kann die Überführung auch durch staffelartig vortretende Bogen erfolgen; als Beispiel einer solchen Anordnung geben wir in Fig. 681 Grundriß und Durchschnitt der hochinteressanten altchristlichen Kirche S. Lorenzo in Mailand,[1] bei der die Überführung zur regelmäßigen Achteckseite (für die achtseitige Kuppel — Klostergewölbe) durch fünf übereinander vortretende Bogen, die sich schräg gegen die Hauptgurte stemmen, hergestellt ist.

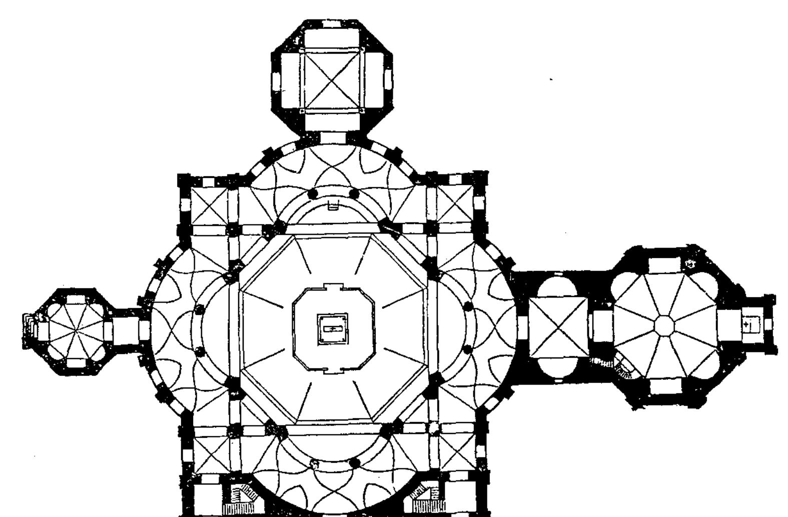
1) Brunellesco: „Dann mache man über dieser (nämlich der inneren Kuppel) eine andere äußere Kuppel, um die innere vor Feuchtigkeit zu schützen, und weil sie so viel prächtiger und aufgeblähter, d. h. schwellender in der Form erscheint". Nach der in Fußnote S. 235 angegebenen Abhandlung.

1) Dr. Hübsch, Die altchristlichen Kirchen. Karlsruhe 1860.

Ein ähnliches Motiv zeigt Fig. 682 aus der altchristlichen Kirche S. Ambrogio in Mailand, wo der Übergang aus dem Viereck ins Achteck zur Aufnahme der achtseitigen Kuppel ebenfalls durch mehrere übereinander vorgeschobene Bogen bewerkstelligt wird.

Fig. 681.





Eine bei mittelalterlichen Bauten häufig ausgeführte Überführung zeigt Fig. 683 im Grundriß, in der Ansicht und dem Durchschnitt, und Fig. 684 in isometrischer Projektion. Nicht allein zu Übergängen aus dem Viereck ins Achteck wurde diese Überkragung gewählt, sondern überall da, wo ein Winkel abzuschneiden und eine Fläche zu übersetzen war, half man sich mit dem aus Schnittsteinen gebildeten Kegel, dessen Keilsteine sich auf dem Kernstück a abstoßen, um deren Auslaufen in eine Schneide zu vermeiden. Anstatt des Halbkreises kommt auch der Spitzbogen vor, was an dem Wesen der Sache nichts ändert.

In Fig. 685 geben wir den Grundriß und in Fig. 685a den Durchschnitt nach der Linie mn Fig. 685, einer eigentümlichen Überkragungsbildung aus dem Rechteck in das Runde[1]) aus der romanischen Kirche Notre-Dame-des-Doms in Avignon. Man hat hier

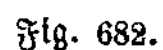
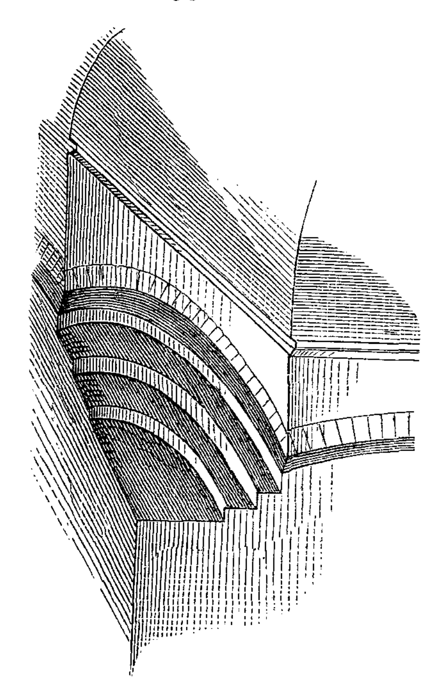


Fig. 682.



mit acht übereinander vortretenden Bogen b, die sich zwischen die Querbogen einspannen, zunächst ein Quadrat geschaffen; sodann dieses dadurch in ein regelmäßiges Achteck übergeführt, daß man an den vier Ecken eine der Fig. 683 ähnliche Überkragung anbrachte. Darauf endlich setzt sich ein Tambour, gebildet aus acht Pfeilern und acht inwendig vorgesetzten Säulen, die mit Rundbogen verbunden sind und die halbkugelige Kuppel aufnehmen.

---

1) Man sehe hierüber „Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'Architecture, Tome IV. Coupole." p. 360.

Ein eigentümliches Beispiel der Überkragung mit Werkstücken zeigt Fig. 686 aus dem Wormser Dom; die Überführung ist durch eine Nische gebildet, deren Scheitel mit acht Schlußsteinen abgeschlossen ist.

Die Überführung aus dem quadratischen Grundriß in die in den Raum eingeschriebene Kugel kann auch ohne Pendentifs und Tambour erfolgen durch Anordnung einschneidender Schilde nach Art derjenigen bei den Spiegelgewölben. Ein schönes Beispiel findet sich im Turm der Kirche St. Germain in Argentan, das in Fig. 687 u. 687a dargestellt und aus Werksteinen ausgeführt ist. (Ansicht und Schnitt des Turmes siehe Fig. 930 u. 930a.)

Fig. 683.

Fig. 684.

Fig. 685.

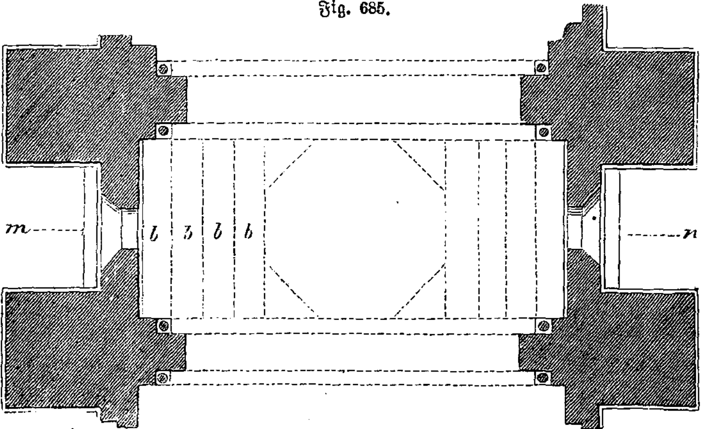
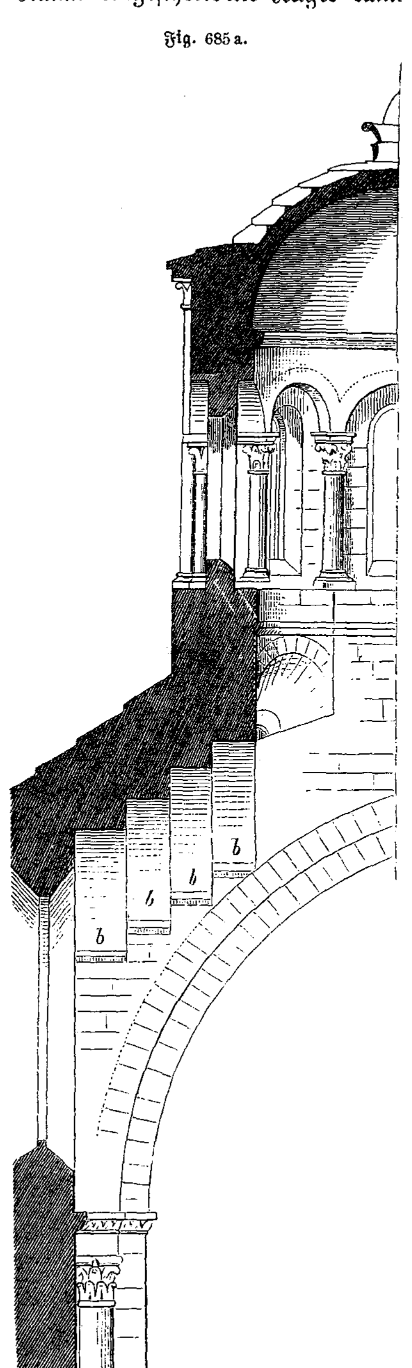
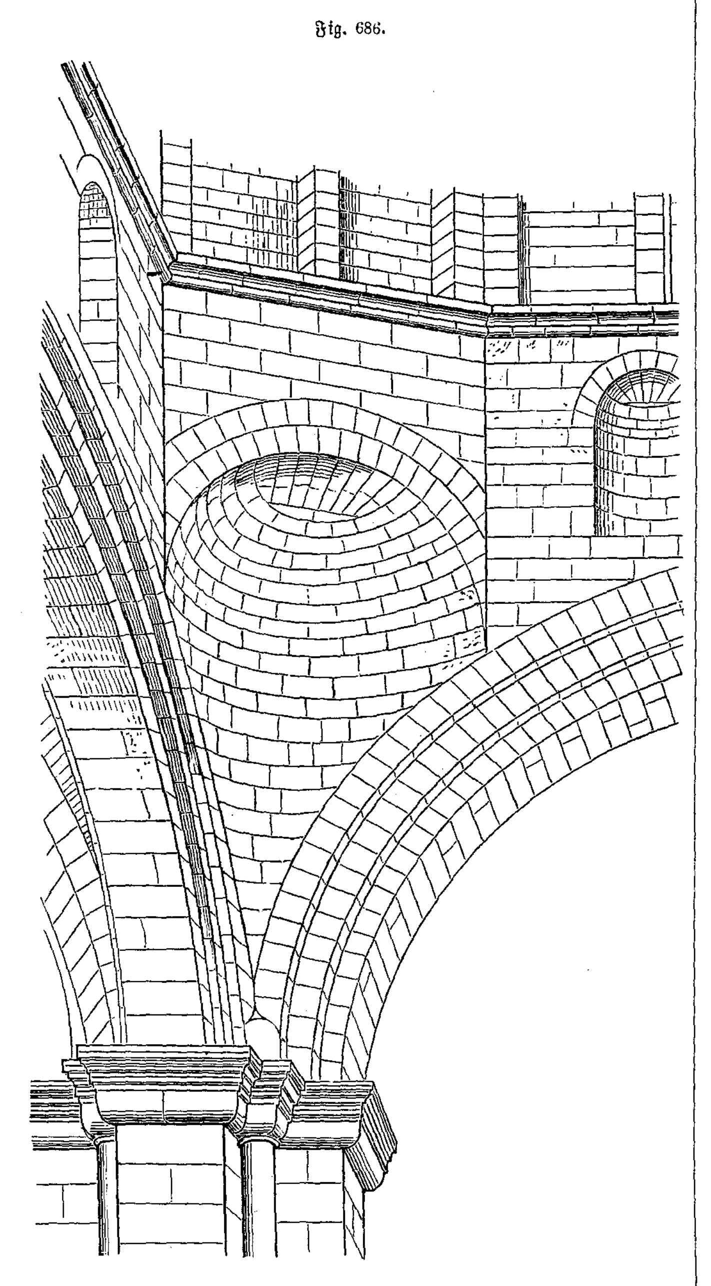


Fig. 685a.



Endlich stellt Fig. 688 die Ansicht und Fig. 689 den über dem Kapitell a b gedachten Grundriß der spätromanischen Kirche in Gelnhausen dar. Hier schließt die Überkragung mit ihren unmotivierten Formen, als Säulchen,

Fig. 686.



Kleeblattbogen u. s. w. mit dem Spitzbogen ab, worauf die achtseitige elegante Kuppel beginnt, zwischen deren Rippen sich auf Säulchen ruhende Schildbogen einspannen. Ein mit Köpfen geschmückter Schlußring faßt die Rippen zusammen.

Eine ganz ähnliche Überführung zeigt die Kuppel der Ordenskirche der Certosa bei Pavia, Fig. 690, die der Renaissancezeit angehört.

Im Anschluß an die Überkragungen seien hier noch die sogenannten „Trompen" erwähnt, die sich vielfach an französischen Bauwerken finden, und besonders von dem Architekten Philibert de l'Orme (1512—1570) ausgeführt wurden, der an dieser Konstruktion offenbar seine größte Freude hatte.[1]) Die Trompen sind struktive Mittel, „um aus der Verlegenheit zu kommen, wenn die Form des das Erdgeschoß umgebenden Terrains nicht gestattet, die vollständige Entwickelung eines höher gelegenen Raumes

Fig. 687.

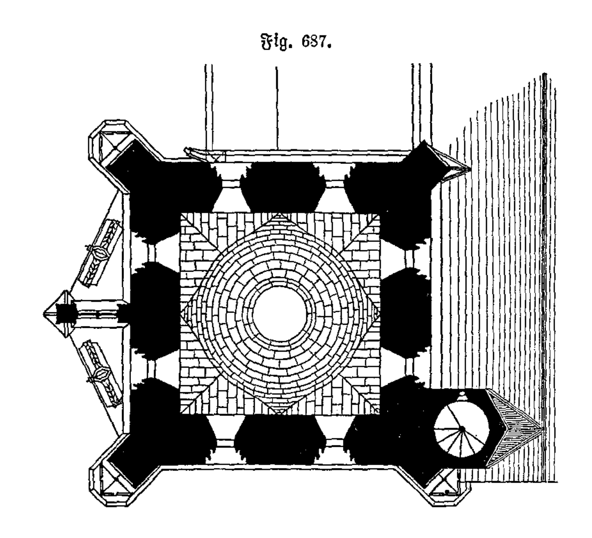
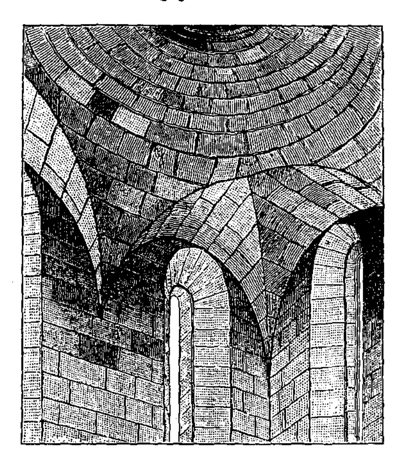


Fig. 687a.



zu erreichen, ohne letzteren schwebend über das untere Geschoß heraustreten zu lassen."[2]) Das Interessante, Kühne und Pikante der Konstruktion hat aber vielfach zu deren Anwendung geführt in Fällen, in denen eine einfachere und weniger gekünstelte Lösung möglich gewesen wäre. Die Franzosen unterscheiden drei Arten von Trompen:

1) Le premier tome de l'architecture de Ph. de l'Orme, Paris 1567. Eine neue Ausgabe des Buches ist 1894 durch C. Nizet bewirkt worden.

2) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd., 2. H. S. 350.

1. Die Trompe in einer einspringenden Ecke, wie beim Übergang eines Vierecks in ein Achteck.

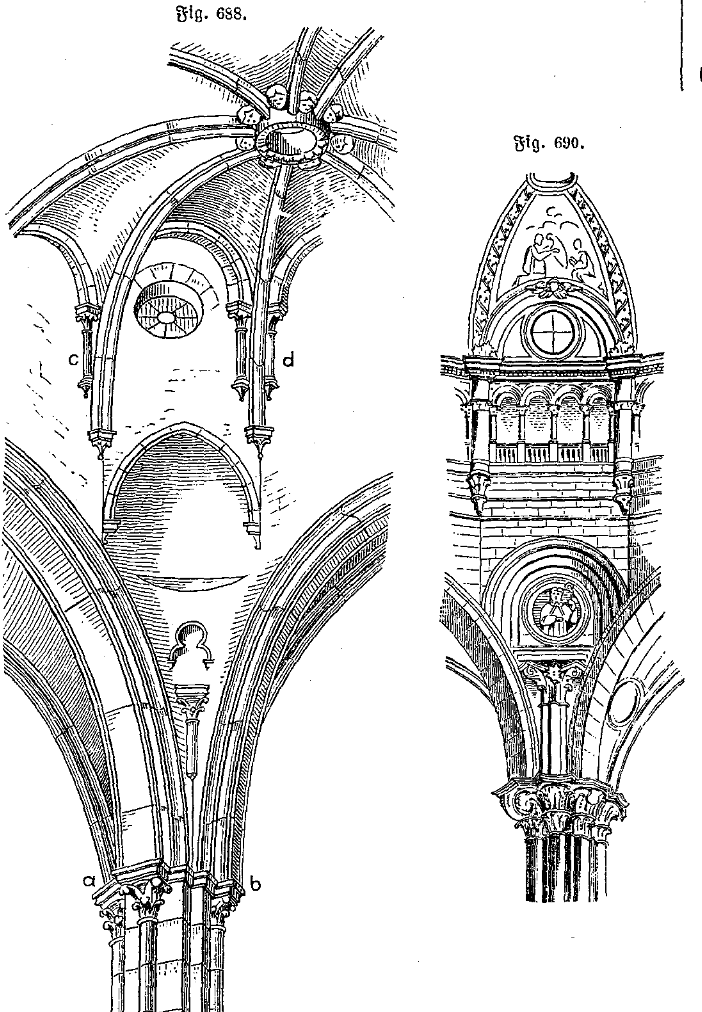


Fig. 688.

Fig. 690.

Fig. 689.

2. Die Trompe, um eine vorspringende Ecke eines Gebäudes über einer unten abgeschnittenen Seite herauszuwölben, Fig. 691 (aus Abbeville). 1)

1) La Construction moderne, 1901. Heft Nr. 22.

3. Die Trompe, die von einer geraden Mauerflucht aus einen darüber heraustretenden halbrunden Vorbau trägt.

Die Konstruktionen sind ähnlich der in Fig. 683 u. 684 dargestellten, nur daß hier an Stelle der Kegelflächen

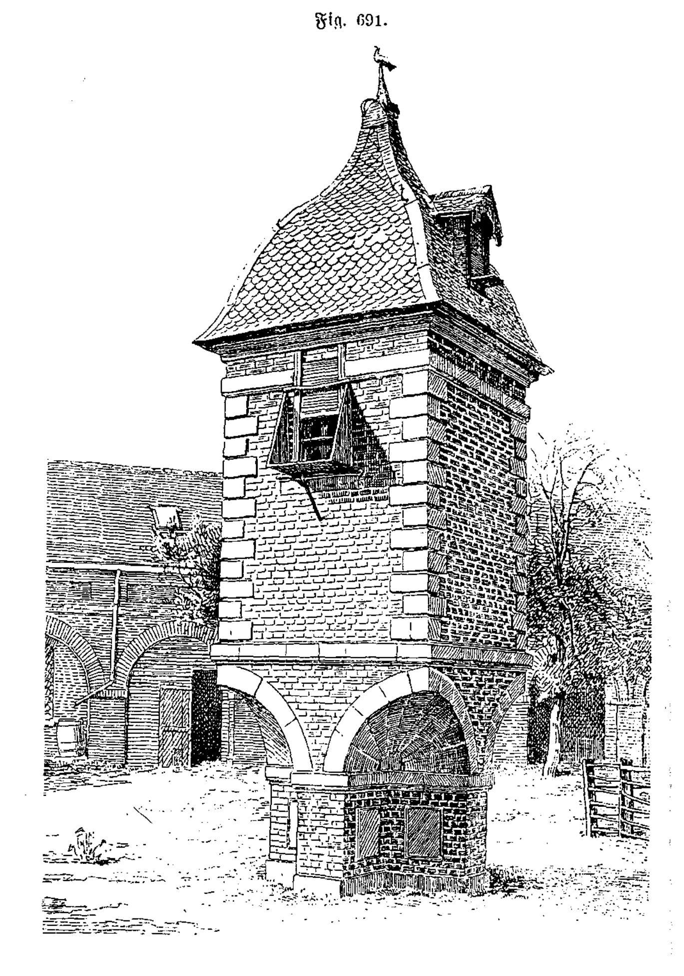


Fig. 691.

sphärisch gekrümmte Flächen treten; der Fugenschnitt der Werksteine ist derselbe und derart durchgeführt, daß die Keilsteine mit ihren nach dem Ecke laufenden Fugen auf einem Kernstück aufsitzen, um das Auslaufen in eine Schneide zu verhindern. Solche Trompen wurden auch zu Erkerunterstützungen verwendet, Fig. 692. 1)

Nischengewölbe, d. h. Halbkuppeln in Halbkreisnischen, können ähnlich wie die Trompen, Fig. 693 u. 694, mit Keilsteinen, die wieder auf einem Kernstücke aufsitzen, oder in horizontalen Ringen mit kegelförmigen Lagerfugen, Fig. 695 2) (aus Spalato) ausgeführt werden.

Auch bei Ausführung in Backstein können wenigstens bei kleinen Nischengewölben keilförmige Schichten angewendet

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. H.
2) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd.

werden, wobei jedoch von einer normalen Führung der Lagerebenen auf die Bogenlinie abgesehen werden muß,

Fig. 692.

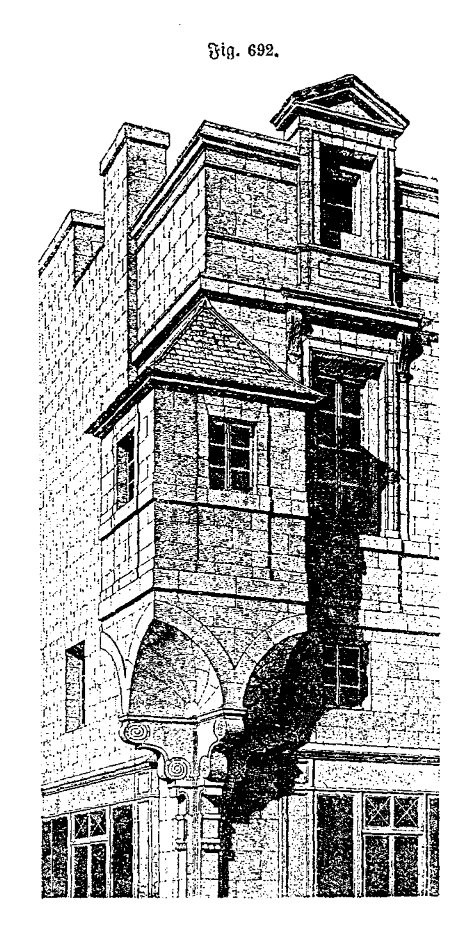


Fig. 693.

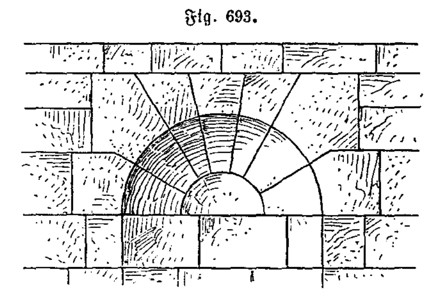
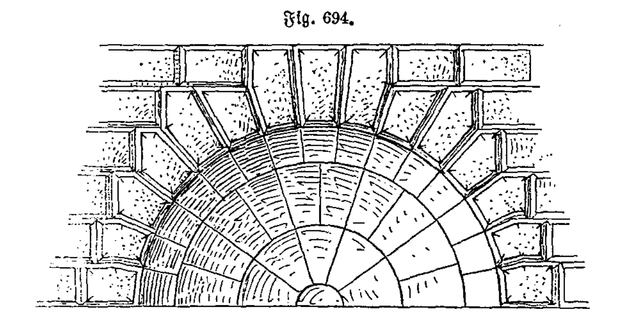


Fig. 694.



um zu starke Keilform zu vermeiden; die Ausführungsweise ist schematisch in Fig. 696 dargestellt.

Fig. 695.

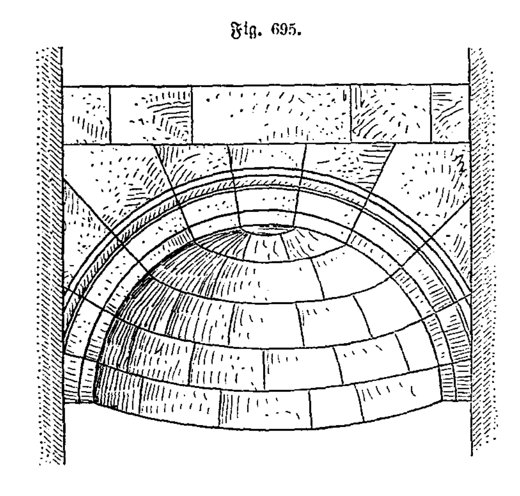
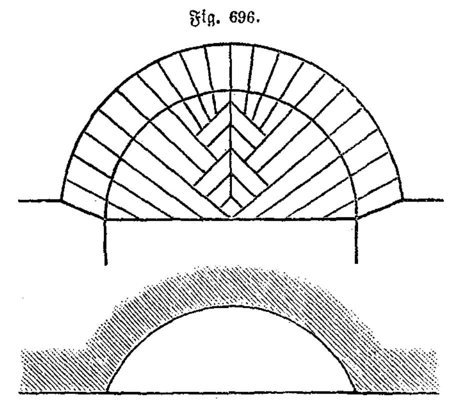


Fig. 696.



§ 17.

Historisch-technische Entwickelung der Kuppelbauten.

Mit Rücksicht auf die große Bedeutung der Kuppelgewölbe für die Entwickelung der Baukunst scheint uns hier der Platz zu sein, die hauptsächlichsten Kuppelbauten aufzuführen, beziehungsweise diejenigen chronologisch zusammenzustellen, durch welche der technostatische Fortschritt in der Entwickelung der Kuppelkonstruktionen verfolgt werden kann. Selbstredend müssen wir uns hierbei kurz fassen, um die Grenzen dieses Werkes nicht allzusehr zu überschreiten.

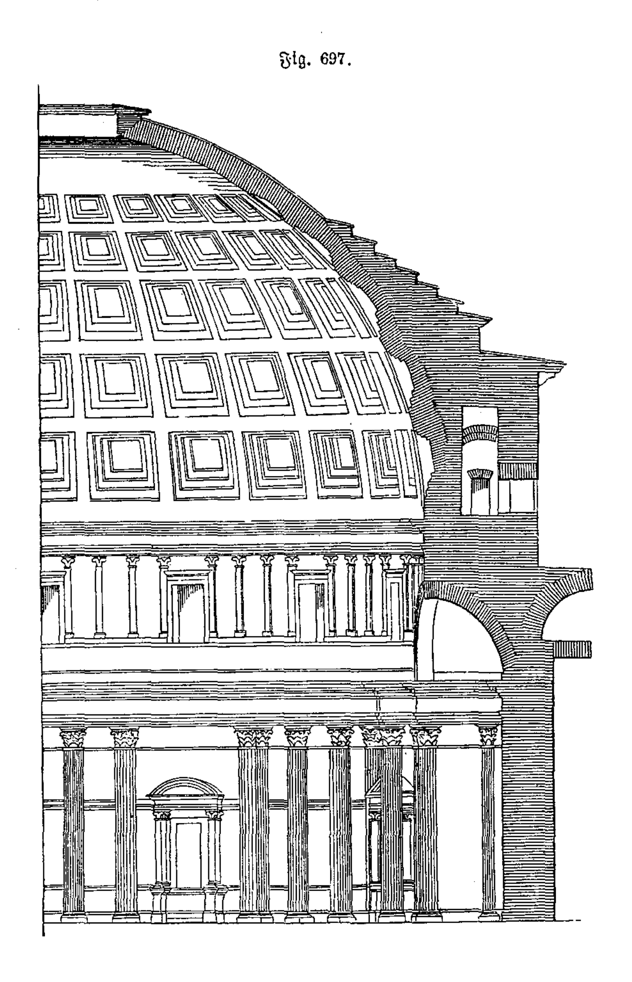
a) Die Kuppel des Pantheons in Rom.[1])

Als Beispiel einer römischen Großkonstruktion ersten Ranges sei die Kuppel des Pantheons in Rom angeführt, die sich in Halbkugelform von 43,5 m innerem Durchmesser erhebt. Dieses Maß gilt auch für die lichte Höhe des Gebäudes, indem die Halbkugel zur vollen Kugel ergänzt,

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd. und Viollet-le-Duc, Dictionnaire etc. Tome IV.

die Ebene des inneren Bodens nahezu berührt, Fig. 697. Die ca. 6 m starke Wand des Rundbaues (ca. $^1/_7$ der Spannweite) ist durch acht große Nischen unterbrochen, die durch (jetzt nicht mehr sichtbare) dreischalige Gewölbe überdeckt sind. Die zwischen den Nischen verbleibenden Mauermassen schließen wiederum halbkreisförmige Nischen ein,

Fig. 697.

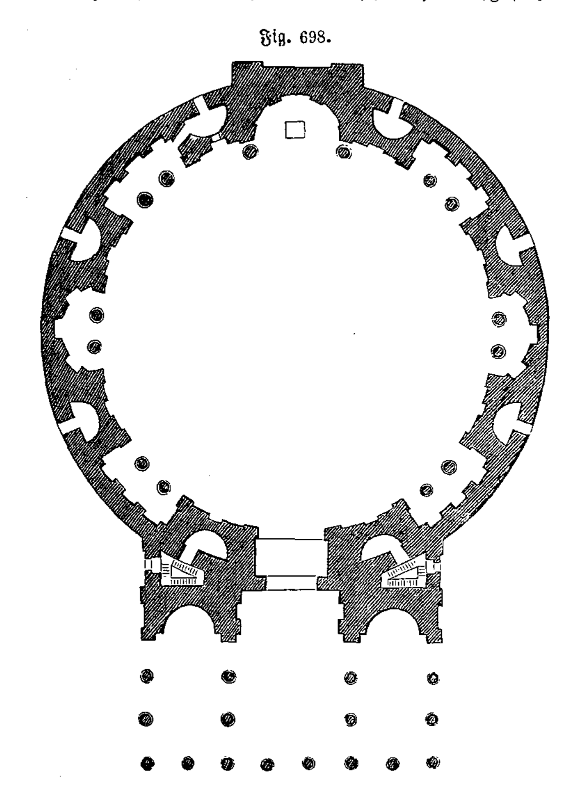


so daß wir es eigentlich nur mit einer 1,80 m dicken Umfassungsmauer aus Gußgemäuer zu thun haben, aus der 8 gekuppelte oder im ganzen 16 Strebepfeiler 4,5 m weit hervorragen, die die ganze großartige Kuppelkonstruktion aufnehmen, Fig. 698, Grundriß und Fig. 699 Schnitt in der Höhe des Kuppelfußes.

Der diesem Bauwerke gewöhnlich gemachte Vorwurf eines schwerfälligen Unterbaues erscheint deshalb um so weniger gerechtfertigt, wenn man erwägt, daß die aus Quadern konstruierten Strebepfeiler des Kölner Domes bei einer Mittelschiffweite von nur ca. 12 m nicht viel weniger weit aus der Umfassungsmauer vorragen; diese nach außen, jene am Pantheon nach innen, und dabei kann der ganze Querschnitt des Kölner Domes mit seinen fünf Schiffen und fast dem ganzen Strebebogensystem in den Lichtraum des Pantheons eingestellt werden, Fig. 700.

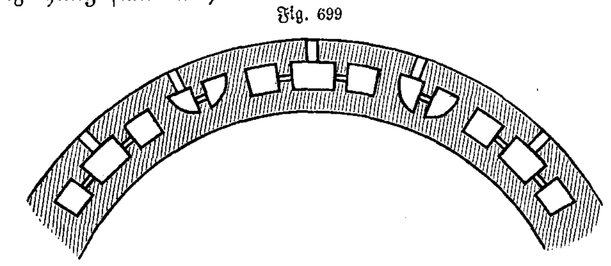
Im Äußeren ist nur der obere mit einem ca. 9 m großen offenen Auge versehene Teil des Kuppelgewölbes sichtbar, da das halbkreisförmige Gewölbe einer „Hintermauerung“ bedurfte, die durch Höherführung der Widerlager und durch eine Anzahl von Stufenringen hergestellt ist, die bis zur halben Höhe der Kuppel hinaufgeführt sind.

Fig. 698.



Das Pantheon bildet den Gipfelpunkt der augusteischen Bauthätigkeit; es wurde im Jahre 25 v. Chr. beendet, und diente nicht als Vorhalle zu den Bädern des Agrippa, sondern wurde von diesem als selbständiger Tempel für alle die Götter errichtet, die zu dem julischen Geschlechte in Beziehung standen.[1])

Fig. 699



b) Der Jupitertempel im Palast des Kaisers Diocletian zu Spalato.

(Grabtempel des Diocletian, jetzt erzbischöflicher Dom.)

Wir haben dies Gebäude aus dem Anfang des 4. Jahrhunderts nur seiner eigentümlichen Kuppelwölbung

1) Siehe noch „Deutsche Bauzeitung“ 1893, S. 119 u. 618.

wegen aufgenommen,[1]) die zugleich ein Beispiel ist, wie beim Verfall einer Kunstrichtung das Handwerk sich in Kunststücken zu gefallen sucht, was übrigens am auffallendsten die Verfallzeit der gotischen Periode nachweist.

Fig. 700.

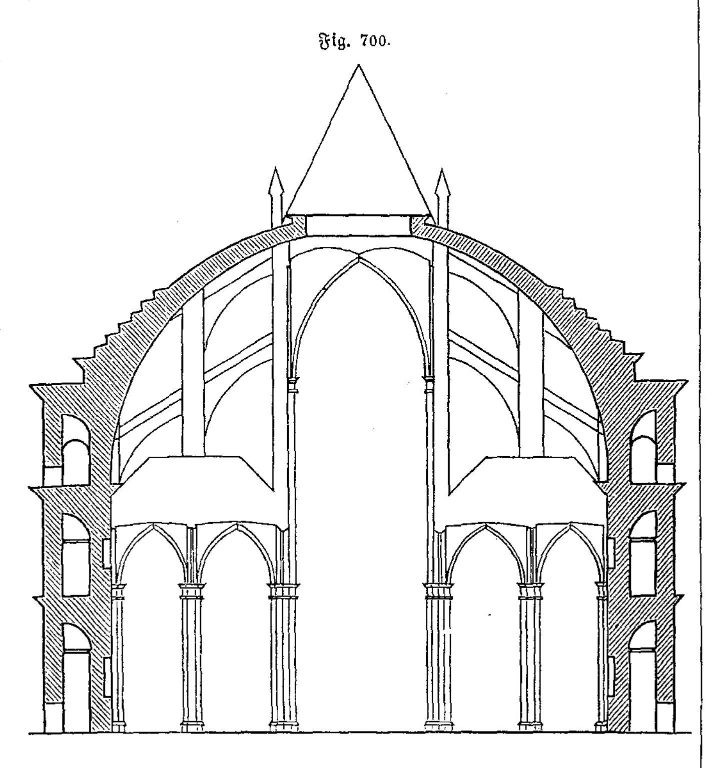


Fig. 701 zeigt den Grundriß des achteckigen, säulenumstellten Tempels, der bei 13,5 m Lichtweite eine 2,9 m dicke von sieben Nischen und einer Thür durchbrochene

Fig. 701.

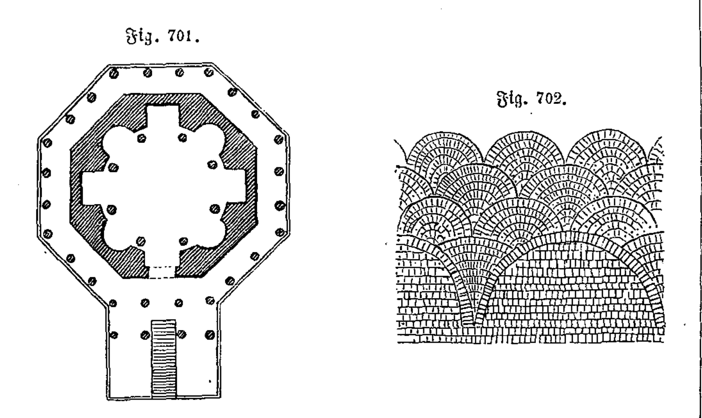
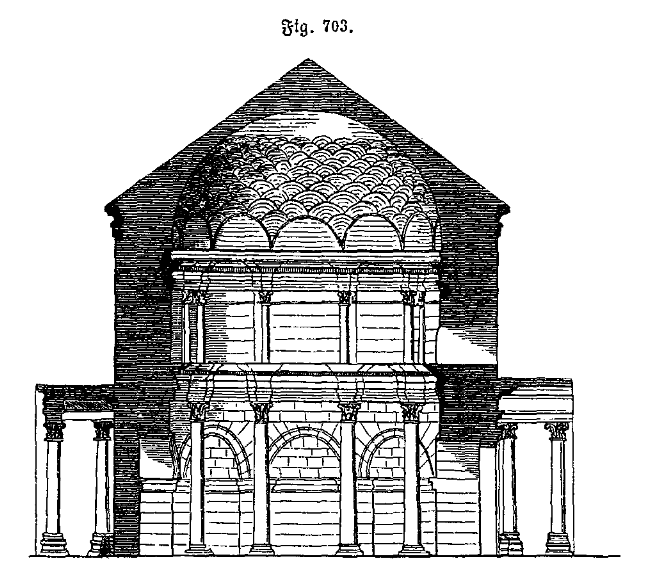


Fig. 702.

Umfassungsmauer hat; Fig. 703 giebt den Durchschnitt und Fig. 702 einen Teil der Kuppelwölbung, deren mühsame Ausführungsweise keinen Vorteil gewährt gegenüber der gewöhnlichen ringförmigen Schichtenbildung, ja sogar bei großen Konstruktionen durch ungleichmäßige Ausführung und Senkung der Bogen gefährlich werden kann.

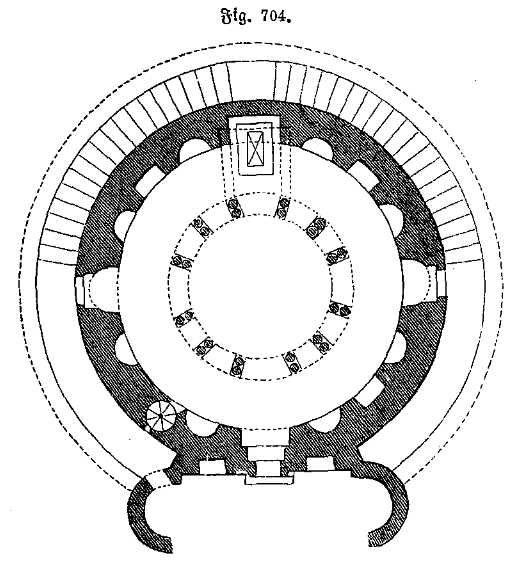
Fig. 703.



c) Das Grabmal der Constanza (Santa Costanza) in Rom.

Dieser außerhalb der Stadtmauern gelegene, in seinen Hauptteilen noch gut erhaltene Kuppelbau, in Fig. 704 im Grundriß und in Fig. 705 im Schnitt dargestellt, war wahrscheinlich ein Mausoleum, für mehrere Glieder der Familie des Kaisers Constantin des Großen bestimmt. Es ist dies der älteste christliche Kuppelbau von namhafter

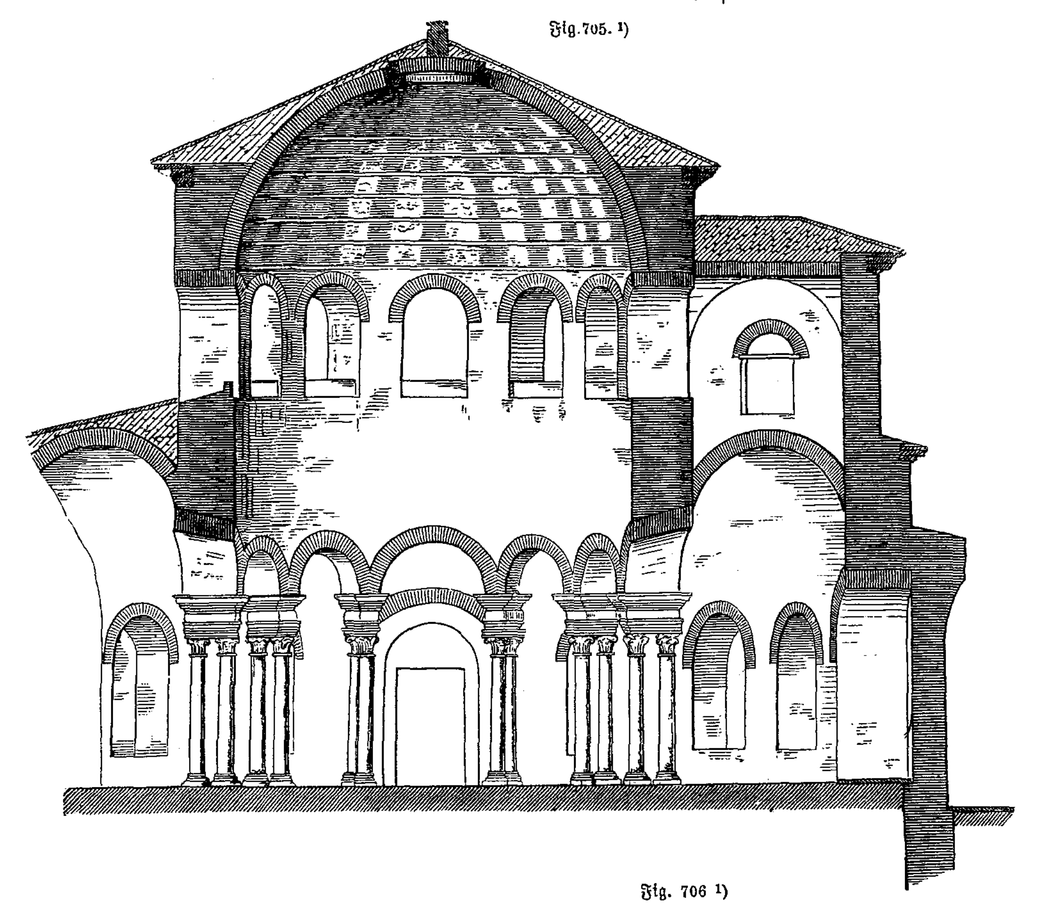
Fig. 704.



Größe und zweischiffiger Anlage. Die Rotunde hat 22,5 m im Lichten, deren Mittelraum von 11,3 m im Lichten mit einer Kuppel überwölbt ist, die sich auf einem hoch über das Dach des Umganges hinausragenden Tambour bis zu 19 m vom inneren Boden erhebt und 12 Paar schlanke gekuppelte Granitsäulen als Unterstützung hat.

1) Die Wölbung wird übrigens von Choisy, „L'art de bâtir chez les Byzantins" etwas anders angegeben, siehe auch Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd., S. 182.

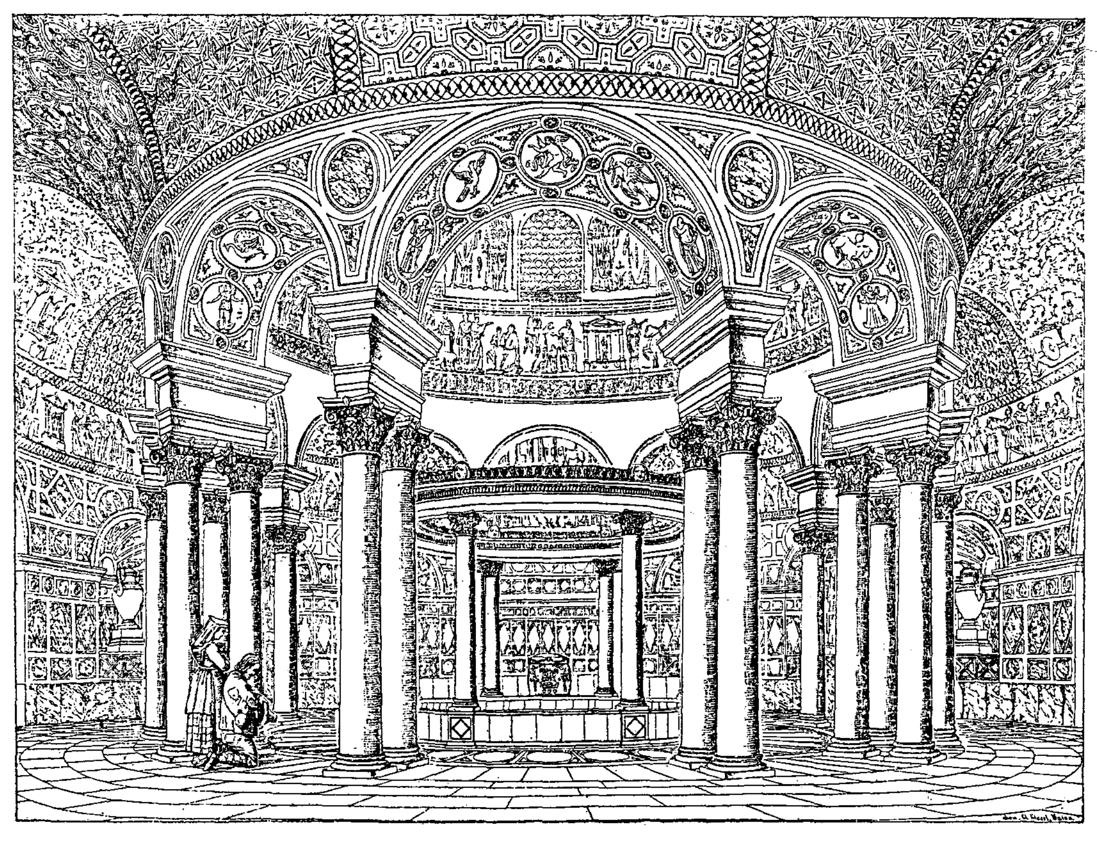
Fig. 705. 1)



Die Kuppel besteht aus 24 ansteigenden, jedoch nicht vortretenden Rippen aus Backsteinen, die stellenweise durch horizontale Backsteinlagen unter sich verbunden sind, während die Zwischenfelder aus Gußmauerwerk (Steinbrocken und Mörtel) bestehen, eine bei den Römern beliebte Konstruktionsweise.

Bei diesem, der ältesten christlichen Zeit angehörigen Gebäude ist ein wesentlicher technostatischer Fortschritt bemerklich, der insbesondere darin besteht, daß die Kuppel ähnlich wie bei dem Diokletians-Grabtempel auf einem erhöhten Tambour sitzt, der hier aber nicht geschlossen, sondern mit 12 Fensteröffnungen durchbrochen ist, und der sich

Fig. 706 1)

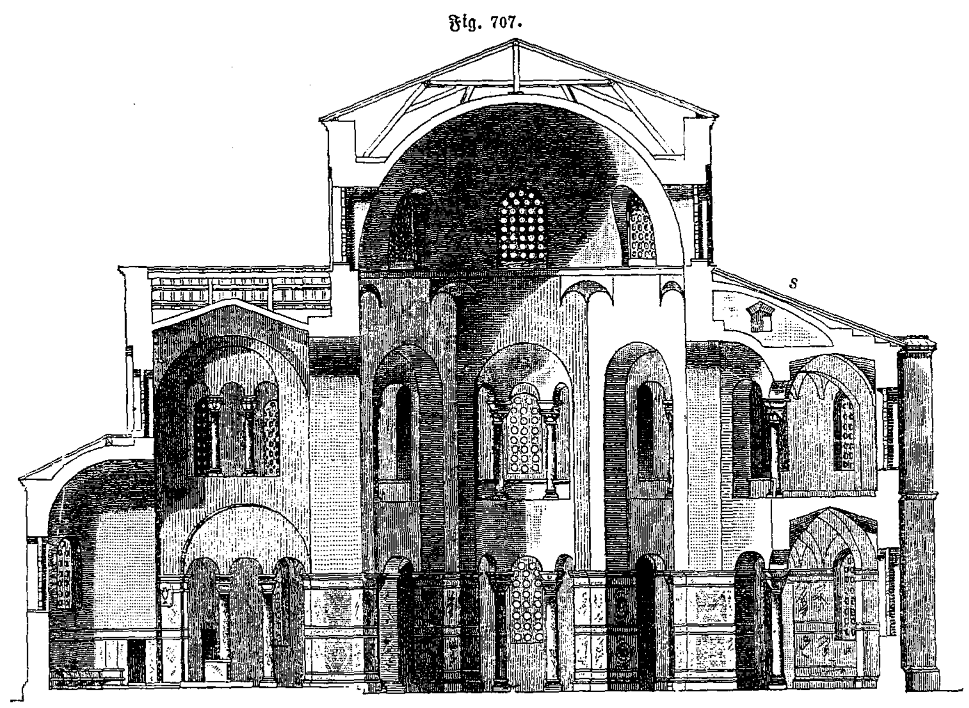


1) Aus Adamy, Architektonik.

nicht auf einer vollen oder nur mit Nischen versehenen Mauer, sondern auf 12 Säulenpaaren erhebt, so daß der Kuppelraum mit dem ihn umschließenden Umgang vereinigt und gleichsam zu einem Raume zusammengezogen erscheint, Fig. 706.

versehen, während die meisten Kuppeln im Orient dieses Schutzes entbehren. Um die kreisförmige Kuppel leichter auf den achtseitigen Unterbau setzen zu können, sind an den Ecken kleine Bogen angebracht, wodurch die Seitenzahl der Grundfigur verdoppelt und die Überkragung vermittelt

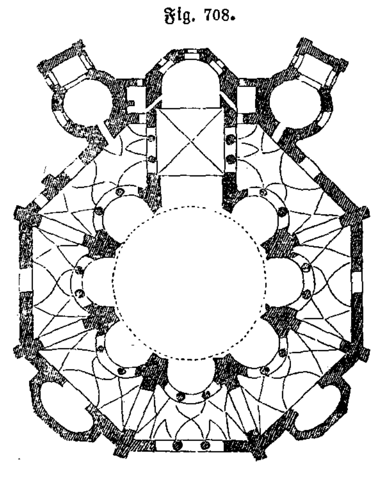
Fig. 707.



d) San Vitale in Ravenna.

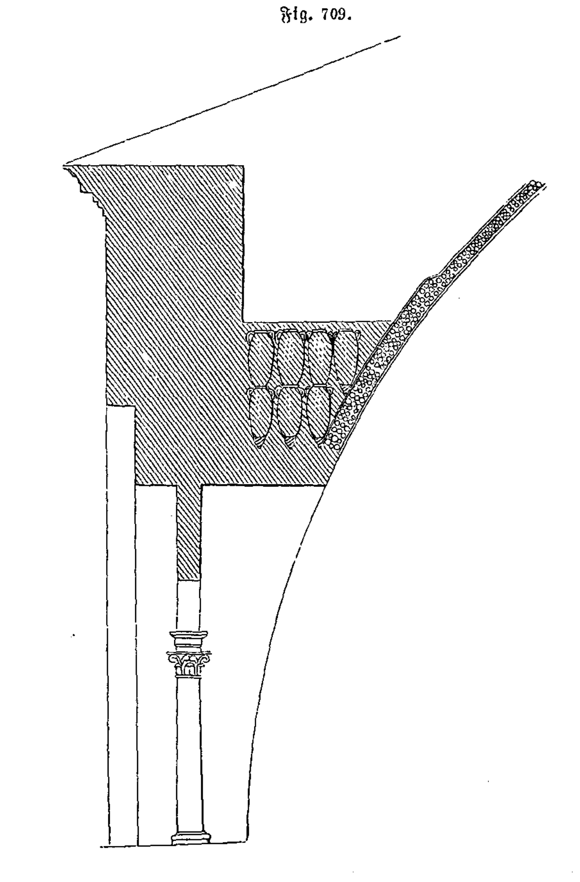
Diese zu Ehren des heiligen Vitales erbaute Kuppelkirche wurde 526 begonnen und 547 eingeweiht. Der Grundriß ist in Fig. 708 und der Durchschnitt in Fig. 707 dargestellt. Um den im regelmäßigen Achteck angelegten

Fig. 708.



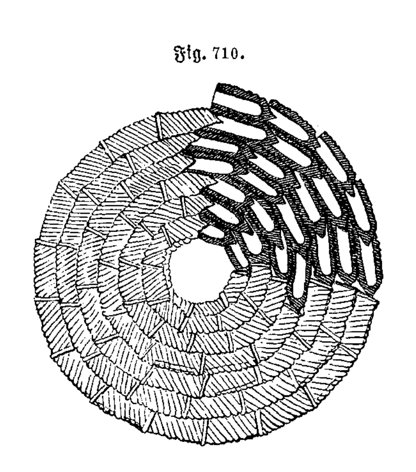
überhöhten Mittelbau schließt sich ein zweietagiger, ebenfalls achtseitiger Umgang an, welcher in der zweiten Etage durch den Chor unterbrochen wird. Der Mittelraum ist mit einer runden Kuppel in Halbkreisform von 19,6 m Durchmesser überdeckt und mit einem achtseitigen Zeltdach

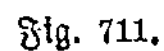
Fig. 709.

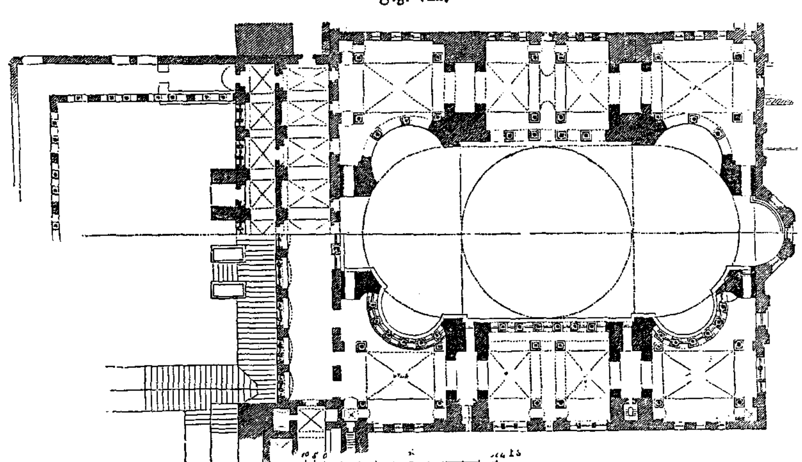


wird. Die Wölbung dieser interessanten und mit einem Minimum an Gewicht ausgeführten Kuppel ist mit Töpfen bewerkstelligt, so zwar, daß die Töpfe in stehender Lage ineinander gesteckt, Fig. 709, zur Aufmauerung und Hintermauerung bis über den Scheitel der Fenster dienen,[1]) während von da an die Töpfe liegend ineinander gesetzt verwendet wurden, und nach Fig. 710 die Kuppel spiralförmig in doppelter Lage bis zum Scheitel umkreisen. Die inneren und äußeren Seiten der Töpfe sind mit Mörtel überkleidet, der dieser leichten Konstruktion eine Festigkeit giebt, die nach einem Zeitraum von 1300 Jahren nicht gemindert erscheint. Zur Verstärkung der Widerlager dienen die an den acht Ecken angelegten weit heraufgreifenden Sporen s, Fig. 707, welche die Kuppelpfeiler, beziehungsweise den Kuppelfuß stellenweise mit den äußeren Mauerpfeilern verbinden und einen Teil des Schubes auf diese übertragen.

gewölbe über quadratischem Raume auf Gewölbzwickeln — reifte bei den byzantinischen Meistern zur Großkonstruktion aus, deren mächtigstes Beispiel in der Agia Sofia in Konstantinopel, 532—537 erbaut,[1]) zur Zeit noch erhalten ist, Fig. 711—714. Auf vier rechteckigen, durch Anbauten wohl verspannten Pfeilern erheben sich über dem quadratischen Grundplane von 31,4 m Seitenlänge vier ungleich weite, etwas überhöhte Tragbogen von 29,8 und 22,6 m Spannweite, die mit den zwischengespannten Gewölbezwickeln ein kreisrundes Kranzgesims abschließt, über dem sich zuerst eine niedere Flachkuppel erhob, die 22 Jahre nach der Erbauung infolge eines Erdbebens einstürzte. Die neue, am Fuße 32,68 m weite Kuppel wurde unter Verstärkung ihrer Widerlager 7,85 m höher aufgeführt,[2]) so daß sich ihr Scheitel bis zu einer Höhe


Fig. 710.


Fig. 711.



von 57,5 m über dem Boden erhebt und sich die Breite des inneren Kuppelraumes zur Höhe nahezu wie $1 : 1^3/_4$ verhält.

Der Mittelraum gewinnt durch die Anlage von sieben durch zwei Etagen durchgreifende Nischen, die sich zwischen die acht Kuppelpfeiler einspannen, sehr an Ansehen und Weite. Eine Anordnung, die zunächst einen wesentlichen statischen Vorteil gewährt, indem dadurch der Seitenschub der Gewölbe der Emporen nach der Mitte zu aufgehoben, beziehungsweise auf die acht Pfeiler der Kuppel gebracht wird. Hätte man die nischenartigen Erweiterungen des Mittelraumes weggelassen und die Pfeiler mit gewöhnlichen Bogen verbunden, anstatt mit solchen von doppelter Krümmung, so wäre eine Ausbiegung derselben gegen die Mitte nur durch Verschlauderungen zu verhindern gewesen.

e) Die Sophienkirche in Konstantinopel.[2])

Was die antike „Kunst zu wölben" nur in tastenden Versuchen und an kleinen Bauwerken wagte — das Kuppel-

In konstruktiver Beziehung bietet die Sophienkuppel die weitere Neuerung, daß die Gewölbeschale in stützende oder tragende und ausfüllende oder verspannende Teile zerlegt ist. Die über dem Fußkranz aufgeführte Kuppel besteht nämlich, Fig. 712 u. 713, aus 40 an der inneren Seite der Basis 1,09 m breiten, in der Richtung des Radius 2,6 m tiefen Pfeilern, die, nach außen und innen sich verjüngend, im Mittel 4,7 m hoch und durch Bogen verbunden sind, welche die im Innern 1,49 m weiten Fenster bilden. Die 1,09 m breiten Pfeiler treten 18 cm über die innere Kuppelfläche vor und verlieren sich gegen den Scheitel, so daß ein glattes Scheitelfeld von 10,2 m Durchmesser bleibt. Die Dicke der Kuppel beträgt über den Fensterscheiteln 75 cm, in ihrem Scheitel 62 cm. Sie ist aus

1) Die Verwendung der Töpfe mag bis zum Ende der römischen Republik zurückreichen, jedoch erst die byzantinischen Architekten haben die Töpfe systematisch und statisch rationell verwendet. Siehe Handbuch, II. Teil, II. Bd., S. 199.

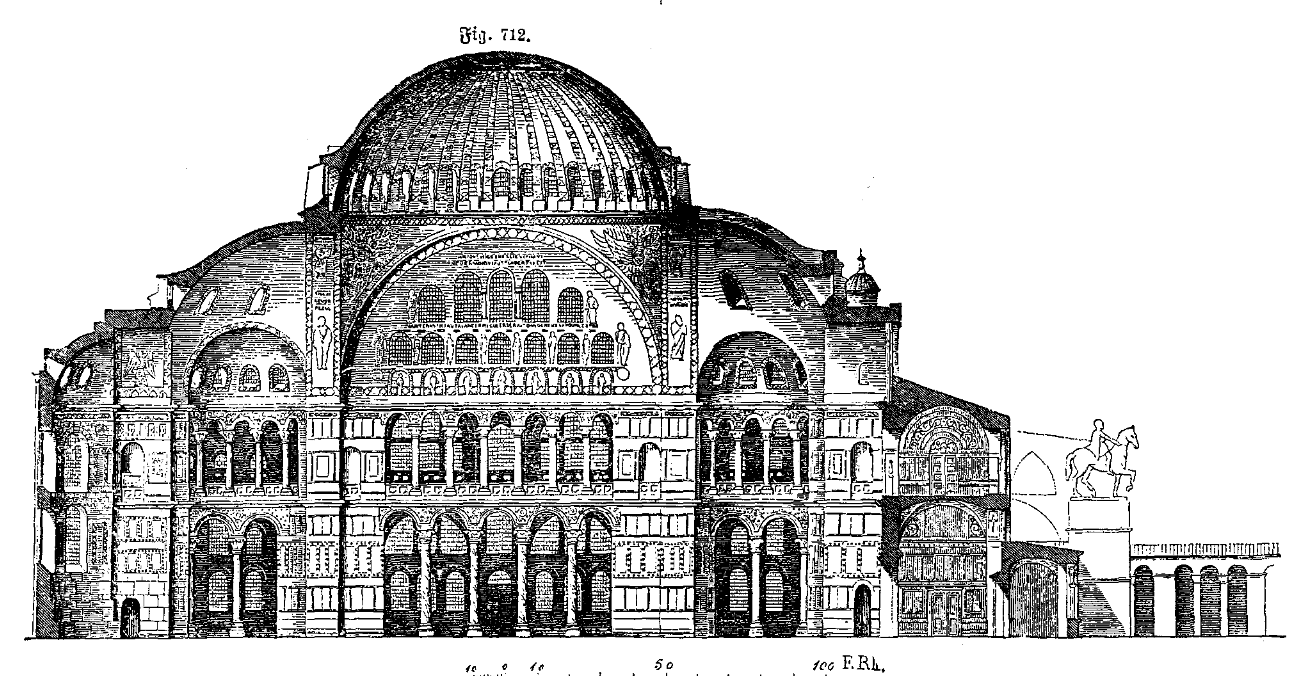
2) Durm, Zwei Großkonstruktionen der italienischen Renaissance. — Salzenberg, Altchristliche Baudenkmale von Konstantinopel.

1) Unter Kaiser Justinian durch die griechischen Baumeister Anthemius von Tralles und Isidorus von Milet.

2) Durch einen Neffen des Isidorus von Milet.

Backsteinen konstruiert, welche im unteren Teile der Kuppel 70 cm lang, 23 cm breit und 6 cm dick sind; auch sollen Steine von 70 cm im Quadrat vorkommen. Im oberen

Fig. 712.



Teile der Kuppel, wo sie nur 62 cm Dicke hat, müssen die Steine kürzer sein als die am unteren Teile verwendeten. In den Zwickeln ist zum Hinterfüllen ein leichtes weißliches Sintermaterial mit Pflanzenabdrücken verwendet worden, welches aber nicht geformt ist.[1]) Der Mörtel hat eine rötliche Farbe und scheint mit Zusatz von Ziegelmehl bereitet zu sein; die Mörtelfugen sind 3–6 cm stark. Die vier Hauptpfeiler, welche die Kuppel tragen, sind aus Werksteinen, einer Art Peperino, ausgeführt. Das Licht wird nicht nach römischer Weise durch eine Scheitelöffnung eingelassen, sondern durch einen Fensterkranz am Fuße der Kuppel zwischen den Tragrippen.

Fig. 713.

So bietet die Sophienkirche mit der rippengeteilten Hauptkuppel auf vier mächtigen Pfeilern und den stützenden seitlichen Halbkuppeln ein großartiges Beispiel einer komplizierten Gewölbeanlage (in Fig. 714 schematisch dargestellt), bei der das statische Prinzip ein wohldurchdachtes und der Materialaufwand ein verhältnismäßig geringer ist.

f) Das Baptisterium zum heil. Johannes (San Giovanni in Fonte) in Florenz.

Fig. 715 zeigt den Grundriß des achtseitigen Gebäudes in vier Teilen, wovon der erste durch einen Horizontalschnitt durch die unteren Säulen, der zweite durch die

1) Von den auf Rhodus gefertigten Ziegeln von ganz besonderer Leichtigkeit, die zum Kuppelbau verwendet worden seien, deren einige Schriftsteller erwähnen, fand Salzenberg keine Spur.

Galerie, der dritte durch die obersten Fenster und der vierte durch einen Schnitt über denselben erhalten wurde. Fig. 716

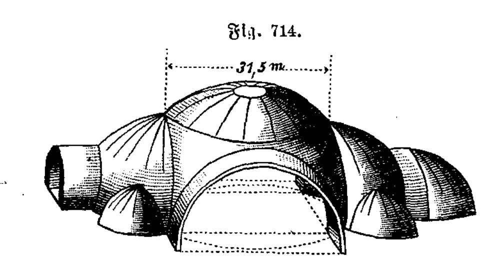


Fig. 714.

stellt in A den Querdurchschnitt zur Hälfte und in B den Diagonaldurchschnitt dar. Dies Gebäude ist ein bis zur Dachspitze

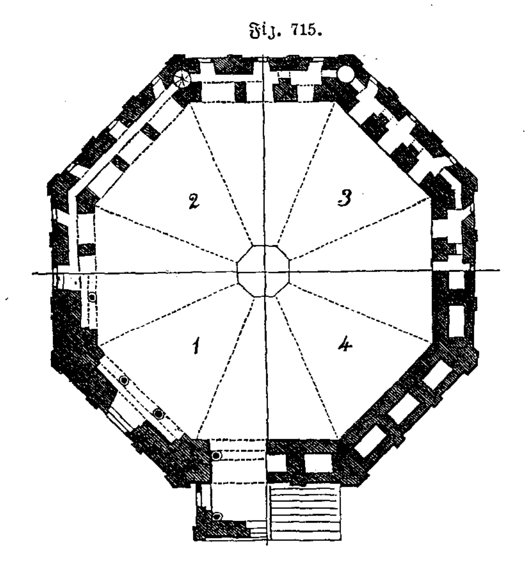


Fig. 715.

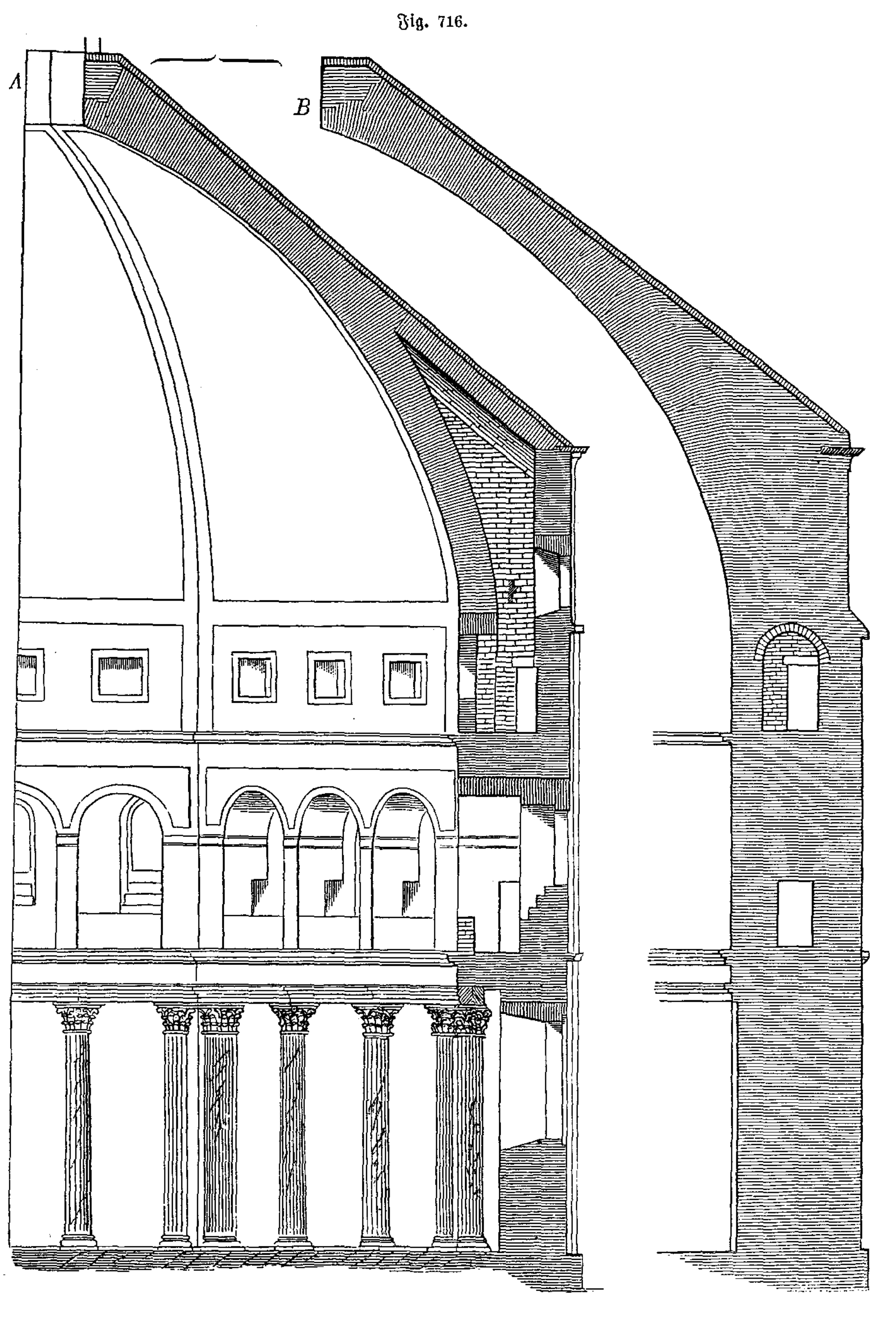


Fig. 716.

monumentaler Steinbau und für uns in statischer Beziehung deshalb interessant, weil es im Vergleich mit den vorhergehenden Kuppelbauten mit einem verhältnismäßig geringen Materialaufwand ausgeführt wurde.

Das Alter des Baues ist zweifelhaft; Hübsch läßt den Bau aus der ersten christlichen Bauperiode, aus dem 4. oder 5. Jahrhundert, stammen; M. E. Isabelle verlegt die Entstehung in das 6. Jahrhundert, während Burkhardt die Erbauung um das Jahr 1100 annimmt.

Die Kuppel hat 25,6 m Durchmesser; der Seitenschub wird durch acht, nur 3,70 m dicke Widerlagspfeiler aufgehoben, welche noch an zwei Stellen wegen der beiden übereinander liegenden Galerien durchbrochen sind, wie dies der Diagonalschnitt, Fig. 716 B, zeigt.

Die sehr bedeutende Last dieser Kuppel wird zum größten Teil unten im ersten Geschoß an jeder Achteckseite durch zwei antike Granitsäulen von 0,70 m Durchmesser, und im zweiten Geschoß durch je zwei gemauerte Pfeiler getragen. Die Kuppel selbst hängt außer durch die acht Eckverstärkungen noch in statisch vortrefflicher Weise durch 16 Zungen, die mit ihren Überwölbungen (steigende Tonnen) zugleich das Dach bilden und die Marmor-Deckplatten tragen, mit der Umfassungsmauer eng zusammen, wodurch diese mit der am Fuße 1,13 m dicken Gewölbeschale zu einem festen Körper verbunden wird. Ohne diese Sporen hätten die vom Kämpfer bis zum Scheitel ca. 23 m langen Gewölbeflächen stärker angelegt werden müssen. Gegen die Ausbiegung wirkt noch ein Ring von viereckigem,

waldkantigem Holz, der unterhalb der anfallenden Tonnen die Kuppel umspannt, Fig. 717.

Vermöge des steilen Spitzbogens, nach dem die Kuppel (eigentlich ein achtseitiges Klostergewölbe) ausgeführt ist, und der mit der Umfassungsmauer verbundenen Zungen konnte diese Kuppel ohne tragendes Lehrgerüste und in den oberen Teilen mit kleinen Hilfslehrgerüsten ausgeführt werden.

Wir haben hier den ersten Wegweiser zu dem sinnreichen Konstruktionssystem der späteren großen Kuppeln vor uns, die aus zwei durch vertikale Rippen zu einem Körper verbundenen Schalen bestehen, und wir können uns demnach den Worten von Heinrich Hübsch anschließen, der in seinem vortrefflichen Werke über die altchristlichen Kirchen sagt: „Ich kann nicht schließen, ohne nochmals der bewunderungswürdig konstruierten Kuppel zu gedenken. Sie wurde die ermutigende Lehrerin der berühmtesten italienischen Architekten. Arnolfo di Cambio, der 1294 den Dom (in Florenz) begann, hätte gewiß nicht den Mut gehabt, dabei eine so großartige Kuppelanlage zu projektieren, wenn er nicht die gegenüberstehende Kuppel von San Giovanni vor sich gehabt hätte. Brunellesco wagte aber darauf hin die Domkuppel im 15. Jahrhundert wirklich zu beginnen und auszuführen, und Michel Angelo konnte im 16. Jahrhundert nur darum den Gedanken und den Mut zu seiner immensen Peterskuppel fassen, weil er als Florentiner beide große Kuppeln von Jugend auf vor Augen gehabt hatte."

Fig. 717.[1]

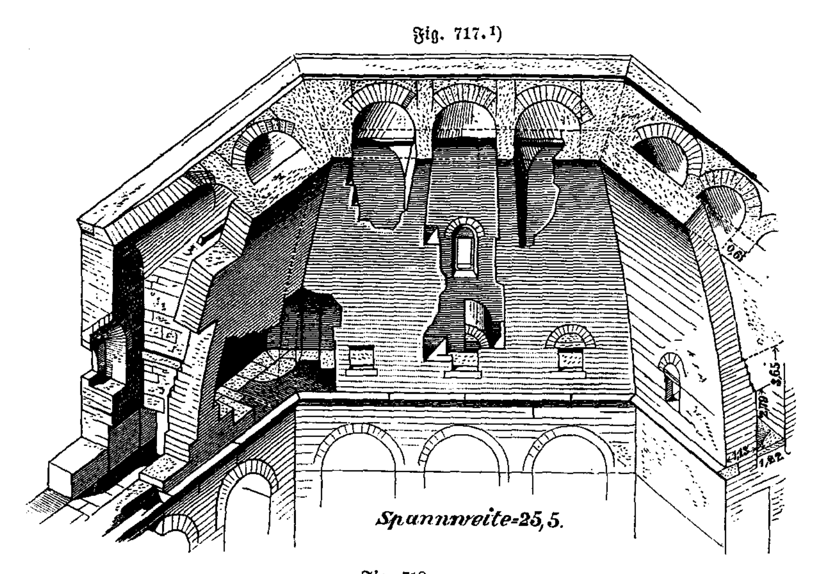
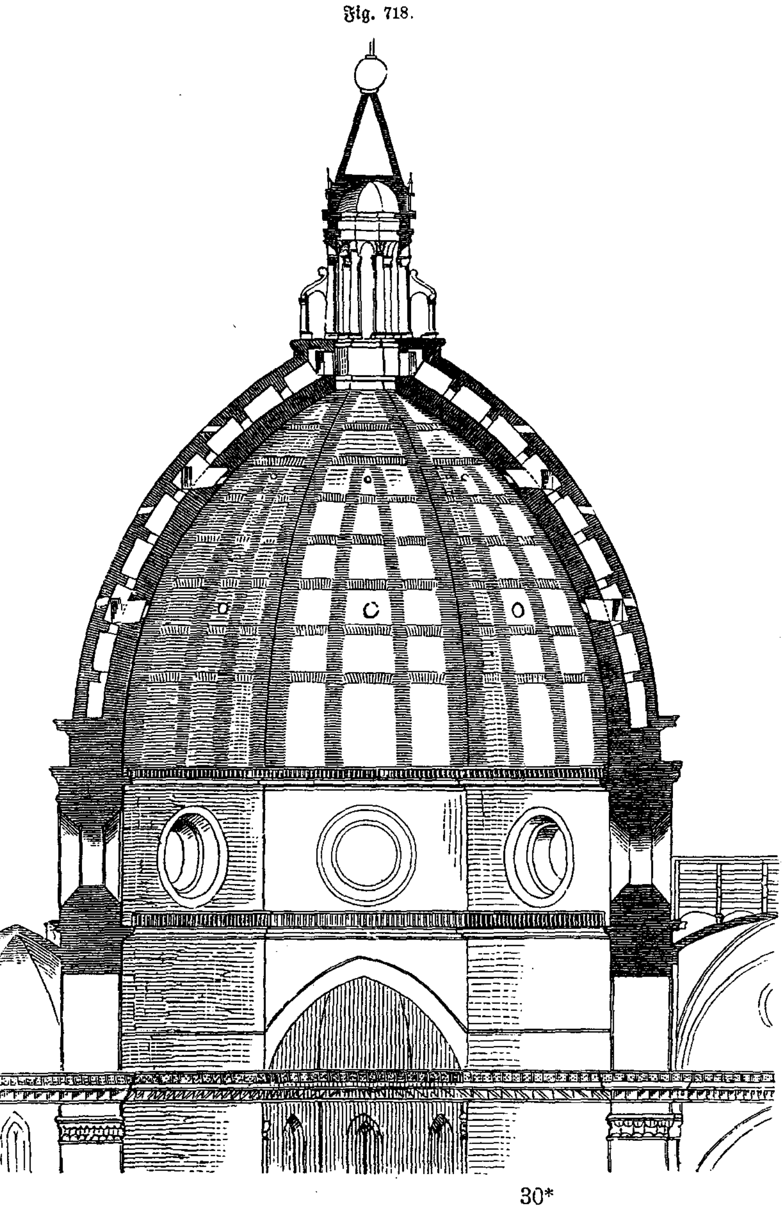


Fig. 718.



g) Die Doppelkuppel der Kirche Santa Maria del Fiore zu Florenz.[1]

Die von Brunellesco in 16 Jahren, von 1421 bis 1436, erbaute Domkuppel von Florenz, die erste Doppelkuppel, zeigt ein

1) Die Zeichnung ist der ausgezeichneten Abhandlung: „Zwei Großkonstruktionen der italienischen Renaissance" entnommen, die Oberbaudirektor Prof. Dr. Durm in der Zeitschrift für Bauwesen, 1887, S. 353 u. 481, Bl. 43–46, veröffentlichte. Auch als Separatabdruck bei Ernst & Korn, Berlin 1887, erschienen.

zweischaliges Gewölbe, das am Fuße auf einem Steinkranze aufsitzt, der durch lange durchbindende Macignoquader (Ankersteine) verstärkt ist. Der Kuppelfuß ist auf eine Höhe von 3,06 m vollgemauert und von hier an trennen sich die beiden Kuppelschalen, deren Zwischenraum am Fuße 1,22 m, am Schlußring 1,60 m beträgt. Das innere Gewölbe, das in drei Absätzen gemauert ist, mißt unten 2,42 m, und oben 2,10 m, während das äußere Gewölbe eine gleichförmig dicke Schale von 0,58 m zeigt, Fig. 718.

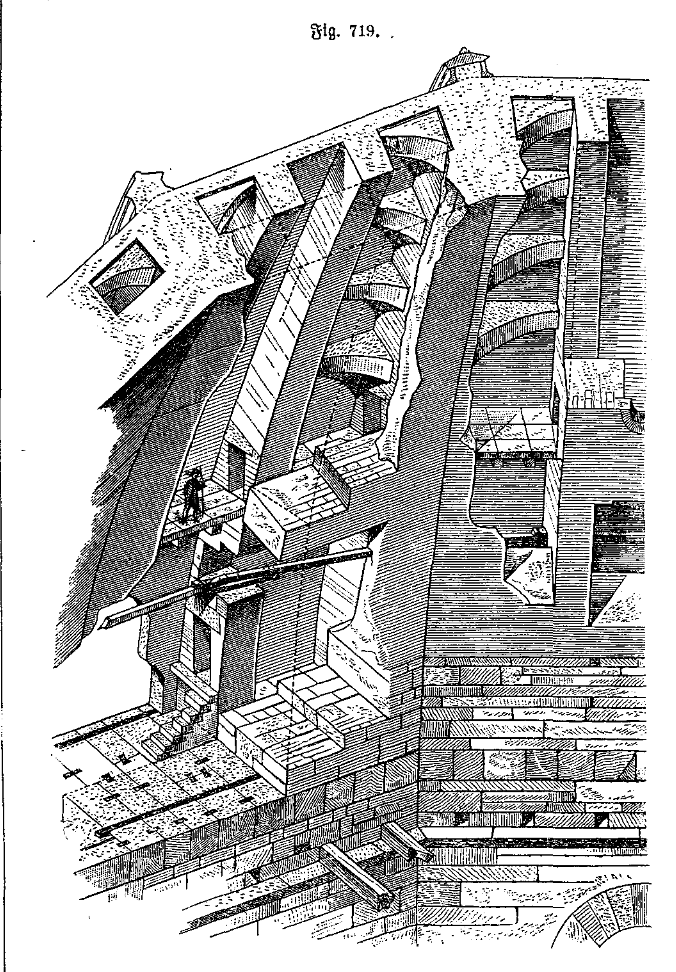
Die beiden Gewölbeschalen sind miteinander verbunden und verstärkt durch acht von den Ecken ausgehende Hauptrippen und 16 Zwischenrippen (dieselbe Anzahl wie bei dem gegenüber stehenden Baptisterium), die sich oben an den starken Gewölbekranz anschließen, der die Laterne trägt, Fig. 718. Zur Verspannung sind, 10,8 m über dem Kuppelfuße beginnend, neun Reihen Quergurtbogen angeordnet, die von Ecksporn zu Ecksporn reichen, im mittleren Teile aber völlig in der äußeren Kuppelschale liegen und deshalb nicht sichtbar sind, Fig. 719.[1]) 4,70 m über dem Fuße der Doppelkuppel ist ein aus 24 Kastanienbalken von 35 cm Höhe und 30 cm Breite bestehender Holzring eingelegt (wie beim Baptisterium), der an den Stößen durch eichene Sattelhölzer und 8 mm starke Flacheisen gebunden ist; der Ring hat offenbar den Zweck, das Ausweichen der Sporen nach außen zu verhindern.

In Höhen von 8,75 m und 19,80 m über der Kuppelsohle sind zwei Umgänge angeordnet, die ermöglichen, die Kuppel im ersten und im zweiten Drittel zu umgehen, und es sind zu dem Ende die sämtlichen Sporen mit entsprechenden Öffnungen durchbrochen. Diese Umgänge bestehen aus Macigno-Ankersteinen von 43 cm Breite und 38 cm Höhe, die im unteren Umgang zu dreien, im oberen zu zweien in jedes zwischen den Sporen liegende Feld in gleichweiten Abständen voneinander eingemauert sind, durch die äußere Kuppelschale vollständig durchbinden und in die innere möglichst weit eingreifen; diese Steinbalken sind mit Platten überlegt, die gleichzeitig Decke und Fußboden bilden. Diese beiden Umgänge bilden in ihrer eigenartigen Konstruktion sehr wirksame Verankerungsringe bei geringem Materialaufwande.

Der untere Teil der Kuppel einschließlich der Sporen ist ganz aus Macigno-Quadern, der obere jedoch in Backsteinen (teilweise mit Quadern durchschossen) ausgeführt, um das Gewicht der Kuppel zu verringern. Außer den gewöhnlichen Backsteinen in Vierecksform von 25×49×6 cm Größe wurden noch solche von gebrochener Form mit ungleich langen Schenkeln zur Herstellung der Kehlen verwendet. Die äußeren Kuppelflächen sind mit Thonflachziegeln (ohne Zuhilfenahme von Hohlziegeln) eingedeckt, die in ein Mörtelbett eingesetzt wurden. Die Kuppel wurde ohne Traggerüst und Schalung ausgeführt; Lehrbogen und Hilfsgerüste sind dabei selbstredend nicht als ausgeschlossen anzunehmen.

Die Florentiner Domkuppel giebt uns somit das erste Beispiel einer großartigen Gewölbekonstruktion auf hoch emporgeführtem Tambour, bei der ohne verdeckende Hintermauerungen die Kuppelform von der Sohle bis zum Scheitelring auch am Äußeren zur Geltung gebracht ist, und die

Fig. 719.



vermöge der gewählten steilen Wölbungslinie und der Anordnung der starken Tragrippen die durch die Laterne bedingte bedeutende Scheitelbelastung aufzunehmen vermag, ohne daß ein großer Aufwand an Material oder Verstrebungssystemen erforderlich wäre.

h) Die Kuppel der Peterskirche in Rom.

Das konstruktive Wagnis der Kuppel auf Gewölbezwickeln und Freistützen in größerem Maßstabe und deren Zerlegung in Tragrippen und Spannfelder war gemacht und durch mehrhundertjährigen Bestand besiegelt, die Kuppel auf hohem lichtbringenden Tambour war in den altchristlichen und byzantinischen Bauten angeregt, die Konstruktion

1) Nach der genannten Abhandlung Durms.

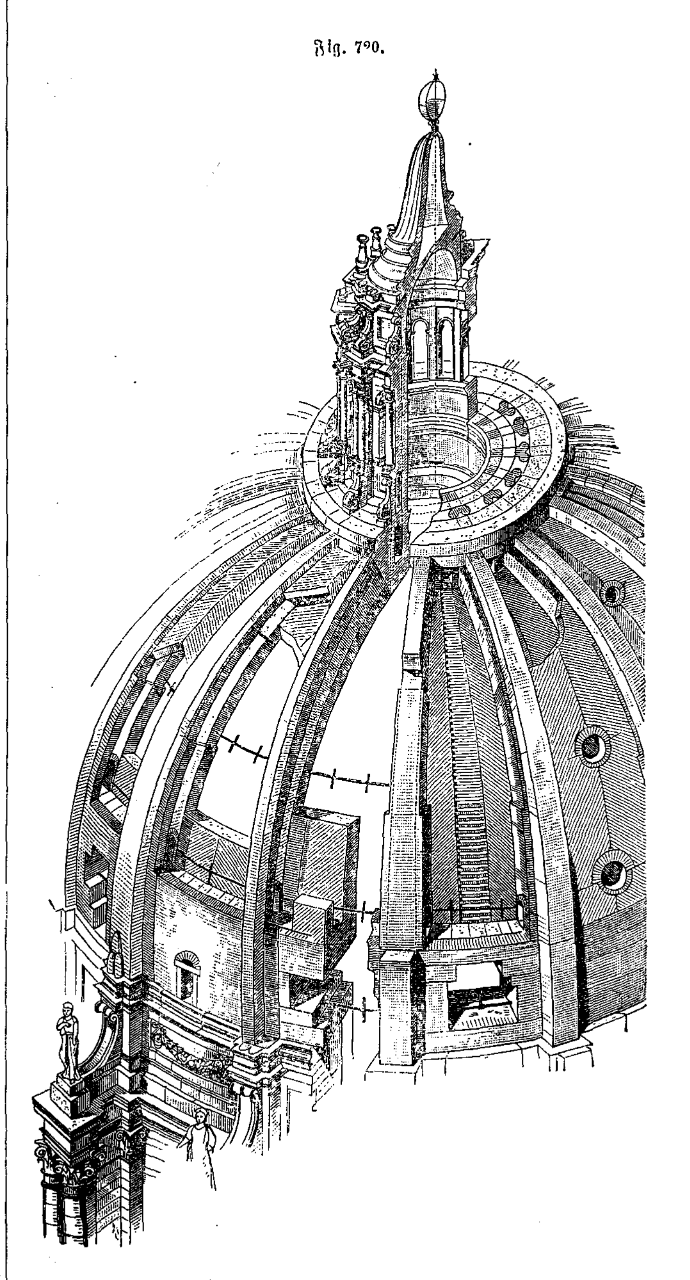
der Doppelkuppel war erfunden, die Aufgabe der Belastung des Scheitels durch einen massiven Aufbau gelöst und erprobt —, so blieb den Meistern der Hochrenaissance für St. Peter nicht mehr viel zu erfinden und zu thun übrig, als das zu verwerten, was andere früher erdacht und gemacht hatten. Wie sie es aber gemacht haben, das bleibt der Bewunderung und der Nachahmung wert. In formaler Beziehung, im schön abgestuften Aufbau und in der Führung der Umrißlinie der Kuppel haben sie das Höchste nahezu erreicht; in konstruktiver, dies sei hauptsächlich mit Bezug auf die Art der Verwendung der verschiedenen Materialien gesagt, läßt ihr Werk manches zu wünschen übrig. Das Wagnis der Scheitelbelastung mit einer 27 m hohen, 1 000 000 kg schweren Laterne bei gewaltiger Spannweite des Gewölbes und die daraus sich ergebende Form der Gewölbelinie wird immer ein ungeschmälertes Verdienst der Renaissancemeister bleiben.

So Durm,[1]) und wir fügen noch die Worte Lübkes bei: „Wahrhaft bewundernswürdig ist der herrliche Kuppelbau, welcher in seiner ebenso schlanken als gewaltigen Form mit herrlichem Profil Stadt und Umgegend weithin beherrscht und ihn zu einem Wunder der Baukunst macht."

Auf Taf. 48 geben wir die Kuppel, zur Hälfte im Durchschnitt und zur Hälfte in der Ansicht dargestellt, nach dem Werke von Reynaud „Traité d'Architecture". [2])

Die 42,52 m im Lichten weite Kuppel ruht auf vier gewaltigen Pfeilern, die mit breiten kassettierten Bogen verbunden sind, zwischen die sich die Gewölbezwickel einspannen, Fig. 678. Auf diesen ruht zunächst ein unten achteckiger, dann runder Unterbau, den ein mit einem Ringgewölbe überdeckter Rundgang in seiner ganzen Ausdehnung durchzieht und der den Mauerkörper in zwei beinahe gleich dicke Hälften scheidet. Auf diesem hohlen, aus Bruchsteingemäuer mit Backsteinblendung im Innern und Travertinblendung im Äußeren bestehenden Unterbau erhebt sich der ca. 2,85 m dicke lichtbringende Tambour, der aus den gleichen Materialien hergestellt ist. 16 Strebepfeiler aus Travertinquadern mit Bogendurchgängen am Fuße verstärken den Mauercylinder; aus Bruchsteinen mit Backstein- und Travertinblendung wurde auch die 7,13 m hohe Attika über dem Tambourgesimse ausgeführt. Hierüber erhebt sich nunmehr die zunächst bis zu einem Viertel ihrer Höhe voll aus Backsteinen gemauerte Kuppel, 2,85 m dick, aus deren Massivbau, den Strebepfeilern entsprechend, 16 Rippen gegen den mächtigen Scheitelring emporgeführt sind, die sich in der Breite nach dem Scheitel zu verjüngen, sich in der Höhe aber etwa um die Hälfte der unteren Stärke verdicken. Zwischen diese Rippen spannen sich die in Backstein angeblich schwalbenschwanzförmig (siehe Fig. 642 u. 720) ausgeführten Kuppelschalen, deren Zwischenraum am Fuße ca. 1 m, am Scheitel aber ca. 3 m beträgt, da sie nicht konzentrisch bleiben, sondern gegen den Scheitel hin

Fig. 720.



divergieren. Innere und äußere Kuppellinie sind wie bei der Florentiner Kuppel reine Spitzbogenlinien.

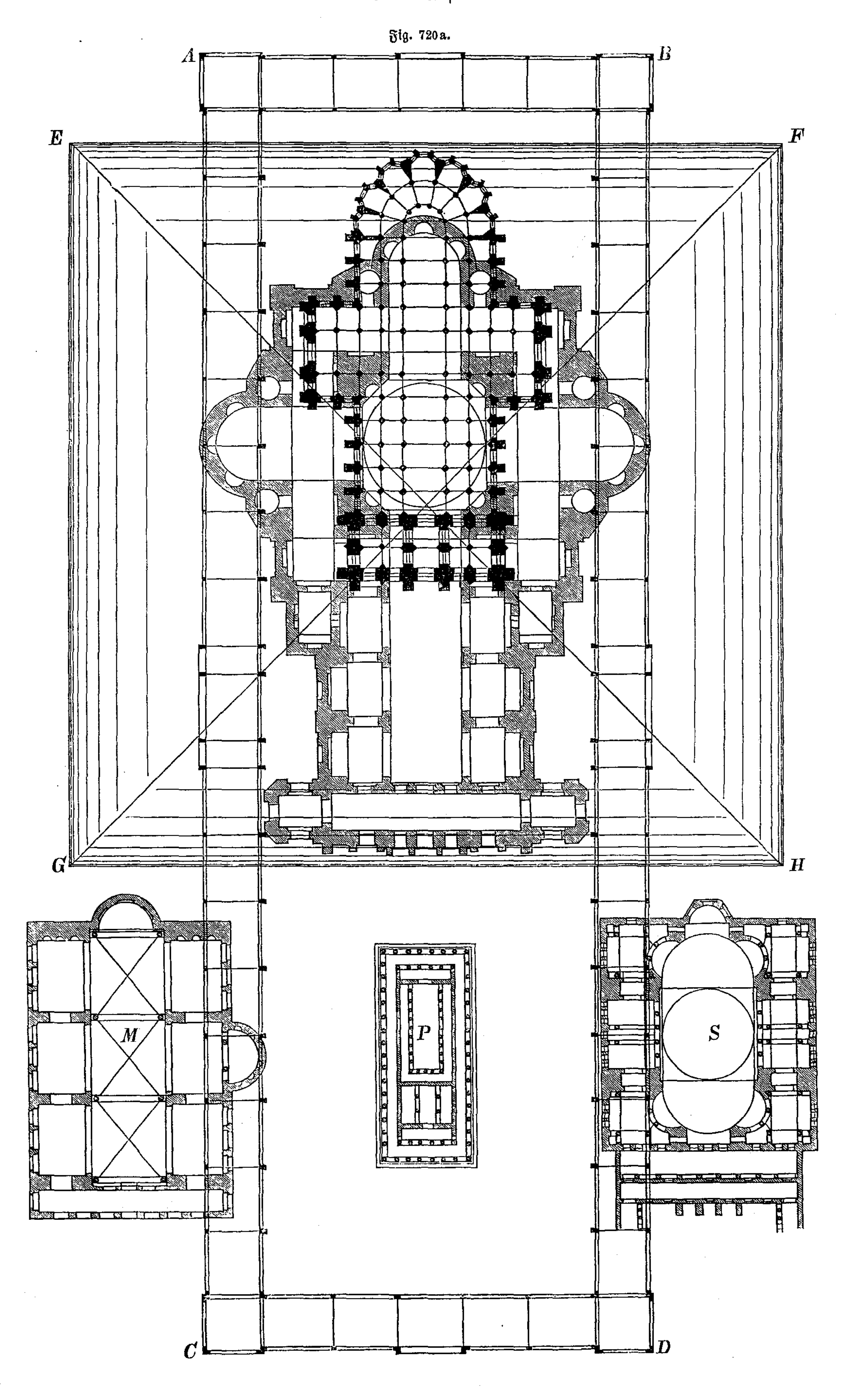
Die konstruktiven Fortschritte bestehen somit in der Verbindung des byzantinischen Rippensystems mit der Doppelschale der Frührenaissance bei Annahme der steilen Wölbungslinie und dem Übertragen des Rippensystems der Kuppel auf den Tambour.

Das Kuppelgerüst, das erst über dem Tambour begann und vom Kuppelfuß aus abgestützt war, bestand aus 16

1) Nach Durm a. a. O.

2) Siehe Letaroully, Edifices de Rome moderne.

Fig. 720a.



den Rippen entsprechenden Halbbindern, die sich an zwei übereinander im Centrum liegende gut ausgesteifte Holzringe anlehnten und die unter sich durch vier in verschiedener Höhe liegende Horizontalspreizen miteinander verbunden waren. Vom Hauptgesimse aus wurden auch die Gerüste für die Tonnengewölbe der Kreuzarme abgestützt.

Um welche gewaltigen Abmessungen es sich bei dem Kuppelbau der Peterskirche handelt, zeigt ein Vergleich mit einem andern gewaltigen Bauwerk, dem Kölner Dom, der höchsten Leistung der gotischen Baukunst. Das ganze Langhaus des Kölner Domes bis zum Querschiff mit seinen 30 Gewölbefeldern läßt sich im Kuppelraum unterbringen, Fig. 720a; die Mittelschiffhöhe des Kölner Domes beträgt 45 m, die Höhe der Gurtbogen der Peterskuppel 47 m, die Höhe des Kuppelraumes bis zum Scheitel des Gewölbes dagegen 105 m (siehe auch Fig. 700).

Interessant ist ein Vergleich dieser beiden gewaltigen Bauwerke mit der Cheopspyramide, erbaut um das Jahr 2800 v. Chr., die eine Basisgröße von 240 × 240 m besitzt bei einer Höhe von 146 m, Fig. 720, EFGH. Der große ägyptische Tempel in Karnak (bei Theben), der unter der XII. Dynastie begonnen und von Ramses II., dem Großen (1392—1326 v. Chr.), vollendet wurde, hat 100 m Breite und 370 m Länge; der gewaltige Säulensaal Ramses II., der sich in diesem Tempel befindet, mißt 50× 100 m und enthält nicht weniger als 136 gewaltige Säulen.

Jedoch wird dieses großartige Bauwerk mit seinen zahllosen Gemächern an Größe übertroffen von der Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung 1889, Fig. 720a, ABCD, die einen einzigen gewaltigen Raum innerhalb der Galerien von 114 × 394 m, mit den Galerien sogar von 150×430 m umschließt, der von einer geradezu überwältigenden Wirkung war. Der gewaltige Tempel von Karnak füllt somit nicht einmal den Mittelraum dieses ungeheueren Palastes aus, dessen Eisenbinder bei einer Scheitelhöhe von 48 m 22 m von Mitte zu Mitte voneinander entfernt stehen; bei den großen Abmessungen verschwindet die Eisenkonstruktion, die man sonst bei solchen Hallen allzuoft bemerkt, hier fast ganz, und man sieht nur den ungeheueren Raum, von dessen Abmessungen Fig. 720a einen Begriff geben mag.

Die Fig. 720a zeigt noch in demselben Maßstabe gezeichnet, in P das Parthenon in Athen, in M die Maxentiusbasilika in Rom, und in S die Sophienkirche in Konstantinopel.

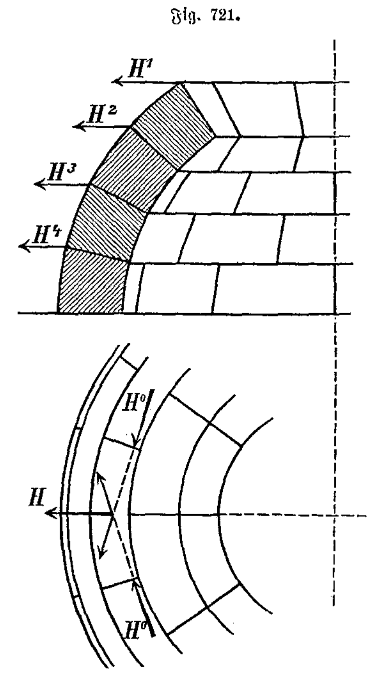
§ 18.

Statische Untersuchung der Kuppelgewölbe.

Wir haben gesehen, daß sich jeder geschlossene Ring einer Kuppel in sich selbst verspannt, so daß offene Kuppeln bestehen können. Es kann dies nur durch seitliche Verspannung jedes Ringes geschehen, woraus hervorgeht, daß bei den Spannungsverhältnissen einer Kuppel noch andere Umstände in Betracht zu ziehen sind als bei dem Tonnengewölbe.

Schneidet man mit zwei lotrechten durch die Gewölbeachse gehenden Ebenen einen „Meridianstreifen" heraus, so wird dieser das Bestreben haben, in das Lichte zu fallen; diesem Bestreben wird aber nicht direkt dasselbe Bestreben des gegenüber liegenden Streifens entgegenwirken, sondern eben diese seitliche Verspannung, die sich in horizontaler Richtung äußert und den Horizontalschub ersetzt. Diese horizontalen Einwirkungen H^0, Fig. 721, die an jedem Steine von zwei Seiten erfolgen, lassen sich in eine Mittelkraft H zusammenfassen, die horizontal und nach auswärts wirkt, und deren Größe sich aus der Forderung bestimmt, daß die Resultante aus ihr und dem Gewichte des Steines noch die Lagerfuge dieses Steines durchschneiden muß, und daß außerdem die Richtung der Mittelkraft mit der Normalen zur Fuge keinen größeren Winkel als den zulässigen Reibungswinkel einschließen darf, also höchstens 30 Grad. Es wird demnach diejenige kleinste Horizontalkraft in Wirksamkeit treten, die ausreicht, Gleiten und Drehen des einzelnen Steines zu verhüten.

Fig. 721.



Der Druck überträgt sich auf den nächsten Ring und verbindet sich mit dessen Gewicht und einer neu hinzutretenden durch die Seitenspannungen in diesem Ringe hervorgerufenen Horizontalkraft, Fig. 721, deren Größe nach denselben Bedingungen wie im vorhergehenden Ringe zu ermitteln ist. In dieser Weise treten von Ring zu Ring neue Horizontalkräfte hinzu, bis endlich die Summe aller Horizontalkräfte zur Sicherung des Gleichgewichtes ausreicht; dies ist der Fall, sobald die entstehenden Mittelkräfte die zugehörigen Lagerfugen innerhalb des Gewölbes schneiden.

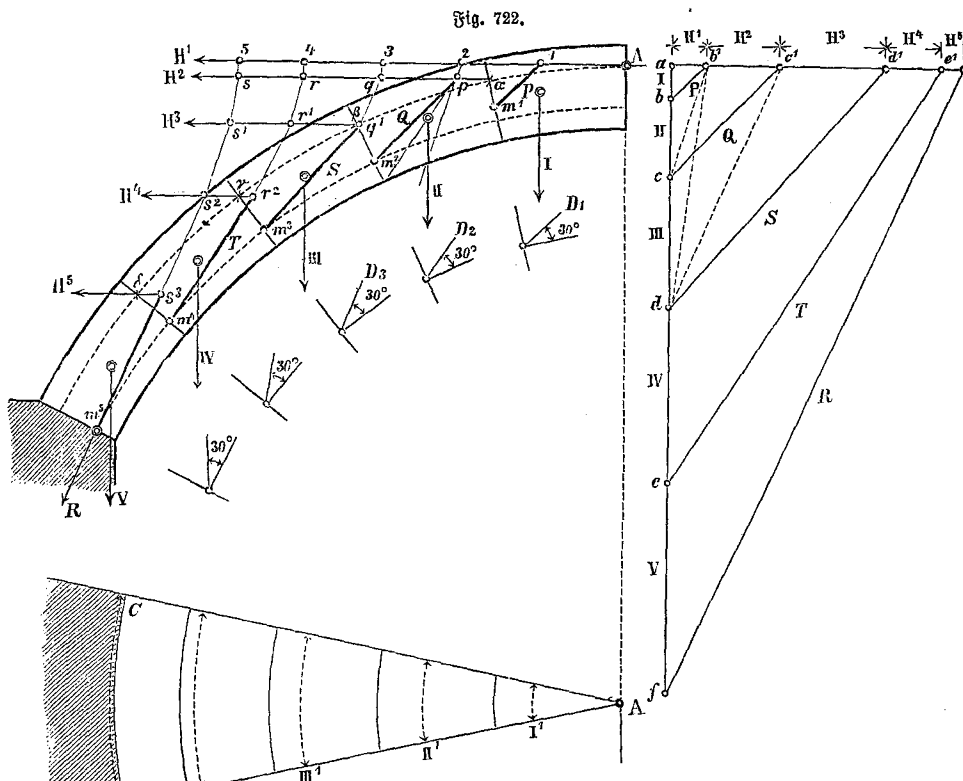
Mit Rücksicht auf die Preßbarkeit des Materials werden die Angriffspunkte der Horizontalkräfte, sowie die Durchgangspunkte der Mittelkräfte durch die Fugen nicht in den Kanten liegen dürfen, sondern sie werden sich mehr oder weniger in das Innere zurückziehen müssen. Wo

diese Angriffs- und Durchgangspunkte liegen, läßt sich im allgemeinen nicht angeben, es ist aber auf Grund der Ausführungen und Erfahrungen nicht anzunehmen, daß ein Zurückweichen bis in die Kernränder erfolge, da dies für Gewölbe und Widerlager Abmessungen ergeben würde, die wesentlich jene der Ausführungen übersteigen. Ist es schon bei der statischen Untersuchung des Tonnengewölbes nicht möglich, alle Faktoren zu ermitteln und in Rechnung zu stellen, so ist dies noch weniger der Fall bei dem Kuppelgewölbe, bei dem sich die Steine in horizontalen und vertikalen Ringen verspannen. Nach den Ausführungen wird es genügen, Streifen von $^1/_4$ der Gewölbedicke innen und außen abzuschneiden und zu untersuchen, ob die Drucklinie innerhalb des mittleren Streifens von der Hälfte der Gewölbestärke verbleibe. Wo dies nicht der Fall ist, muß nach den bei der Untersuchung der verschiedenen Bogenlinien gegebenen Regeln, § 11, verfahren werden, um das Gewölbe stabil zu machen.

Die Bestimmung der Drucklinie in einer Kuppel hätte somit in nachbeschriebener Weise zu geschehen, Fig. 722.

Den Querschnitt des Meridianausschnittes A B C zerlegt man in eine beliebige Anzahl gleicher Teile I—V, die ebensovielen Ringschichten entsprechen mögen. Die Schwerpunkte der einzelnen Teile können mit den Schwerpunkten ihrer Querschnittsflächen zusammenfallend gedacht werden, mit Ausnahme des ersten keilförmigen Steines I, bei dem zur Vermeidung eines zu großen Fehlers der Schwerpunkt im Drittel des mittleren Abstandes über der Grundlinie des Dreiecks anzunehmen ist. Die Gewichte der einzelnen Ringstücke sind proportional den Längen der durch diese Schwerpunkte gezogenen Mittellinien, und es können deshalb, ohne Rechnung, diese Längen I^1—V^1 im Kräfteplane unmittelbar als Gewichte I—V angetragen werden. Da die Mittelkräfte die Fugen höchstens unter dem Reibungswinkel treffen dürfen, so werden diese Richtungen D_1, D_2 .... unterhalb des Querschnittes an die verlängerten Fugenrichtungen angetragen, und im Querschnitt selbst ein mittlerer Streifen gleich der halben Gewölbedicke herausgeschnitten, in dem die Drucklinie verbleiben muß.

Fig. 722.



Durch die Schnittpunkte A, α, β, γ und δ als den angenommenen Angriffspunkten der in den einzelnen Ringen auftretenden Horizontalpressungen zieht man die horizontalen Linien H^1—H^5, und bestimmt mit Hilfe eines beliebigen Seilpolygons in der bekannten Weise auf der durch A gehenden Horizontalen die Lage der Schwerpunkts-Vertikalen 1—5 der Gewichte I, I—II, I—III, I—IV und I—V (genau, wie dies bei dem Tonnengewölbe erörtert wurde), die die Ausgangspunkte der Resultierenden aus Horizontalkräften und Gewichten bilden. Durch den Punkt 1 wirkt das Gewicht des ersten Abschnittes; die kleinste Horizontalkraft, die Drehen und Gleiten hindert, muß mit dem Gewichte eine Mittelkraft geben, die die erste Fuge innerhalb des Gewölbes trifft und nicht steiler stehen darf als die durch die Linie D^1 dargestellte Grenzlinie des Reibungswinkels; man ziehe deshalb 1 m^1 und im Kräfteplan b b^1 = P parallel D^1, so ergiebt a b^1 = H^1 die kleinste Horizontalspannung, die Gleichgewicht gestattet.

Im Abschnitt II wirkt P und Gewicht II, oder, was dasselbe, H^1 und I und II; diese zusammengesetzt, liefern die Resultierende b^1c, die von 2 ausgehend, das Ringstück durchschneidet, ohne die Fugen zu treffen, und außerdem steiler steht als die Grenzlinie D^2 des Reibungswinkels. Deshalb muß für den zweiten Abschnitt eine neue

Horizontalkraft, wirkend durch den höchsten Punkt α dieses Abschnittes, hinzukommen, die die Resultierende $b^1 c$ in p schneidend, so ablenkt, daß die neue Mittelkraft die Fuge mindestens im tiefsten Punkte m^2 durchschneidet. Da eine durch p gezogene Parallele zu D^2 unterhalb m^2 schneidet und somit eine zu kleine Horizontalkraft ergeben würde, so ziehe man $p m^2$ und die hierzu Parallele $c c^1 = Q$, so schneidet diese die Horizontalkraft H^2 ab, die mit H^1 zusammen im zweiten Ringe Gleichgewicht gestattet.

Durch den Punkt 3 wirkt die Gewichtssumme I—III; diese bildet mit H^1 die Mittelkraft $d b^1$ und parallel hierzu 3 q; diese wird durch die in q hinzutretende Horizontalkraft H^2 abgelenkt in die Richtung $q q^1 \parallel d c^1$, die in ihrer Verlängerung ebensowenig wie eine Parallele zu D^3 die zugehörige Fuge trifft. Man zieht deshalb $q^1 m^3$, und parallel $d d^1 = S$, so schneidet diese H^3 ab, die mit H^1 und H^2 zusammen Gleichgewicht gestattet.

Der fernere Gang der Bestimmung der Horizontal- und Mittelkräfte ist derselbe: Durch 4 wirkt die Gewichtssumme I—IV; man ziehe $4 r \parallel b^1 e$, $r r^1 \parallel c^1 e$, $r^1 r^2 \parallel d^1 e$, ziehe weiter $r^2 m^4$ und die Parallele $e e^1$, so ergiebt sich H^4; ebenso $5 s \parallel b^1 f$, $s s^1 \parallel c^1 f$, $s^1 s^2 \parallel d^1 f$, $s^2 s^3 \parallel e^1 f$, verbinde s^3 mit m^5 und ziehe die Parallele $f f^1$, so ergiebt sich H^5, die mit H^1—H^4 zusammen die gesamte im Meridianstreifen wirkende Horizontalkraft darstellt und mit dem Gewichte I—V die Schlußresultierende R liefert, nach der in der früher gegebenen Weise nunmehr die Abmessungen des Widerlagers zu ermitteln sind.

Erfahrungsgemäß giebt man den Kuppelgewölben aus Backsteinen folgende Abmessungen:

bei Spannweiten bis 4 m,	am Kämpfer 1/2 Stein,	Scheitel 1/2 Stein
" " " 6 "	" " 1 "	" 1 "
" " " 8 "	" " 1 1/2 "	" 1 "
" " " 10 "	" " 2 "	" 1 "

Die Widerlagsstärken sollen nach **Rondelet** halb so stark wie die eines Tonnengewölbes von gleicher Spannweite oder gleich 1/7—1/8 des Durchmessers sein.

D. Das Kugelgewölbe (die Hängekuppel) und die Kugelkappe.

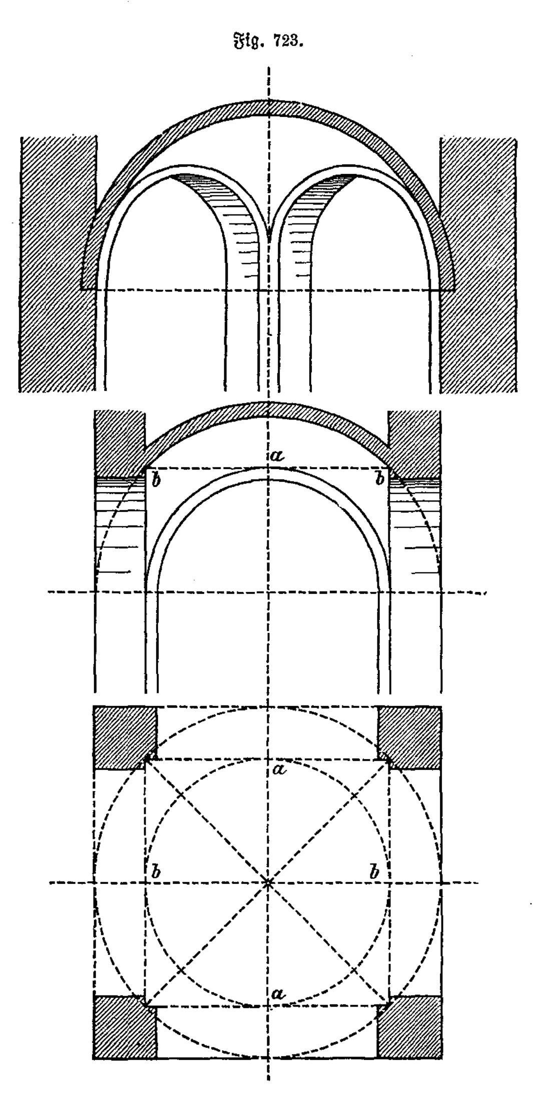
§ 19.

Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

Das Kugelgewölbe, auch Hängekuppel oder Stutzkuppel genannt, entsteht, wenn man über einem regelmäßigen Polygon, wie z. B. über einem Quadrat, Fig. 723, eine Halbkugel derart aufstellt, daß deren größter Kreis durch die Eckpunkte des Polygons geht; werden nun alle außerhalb des Raumes liegenden Teile der Halbkugel durch die raumbegrenzenden Ebenen weggeschnitten, so bleibt ein Gewölbe übrig, dessen Leibungsfläche einer reinen Kugelfläche angehört. Da alle Ebenen die Kugel in Halbkreislinien schneiden, so ergeben sich halbkreisförmige Wandbogen und halbkreisförmige Diagonalbogen.

Wird durch die Scheitelpunkte der Wandbogen, die bei einem regelmäßigen Polygon alle einander gleich sind, ein horizontaler Schnitt gelegt, so ergiebt dieser einen dem

Fig. 723.



Polygon eingeschriebenen Kreis a b a b, den man gewöhnlich in den Bauplänen in den Grundriß einzeichnet, um anzugeben, daß die betreffenden Räume mit Kugelgewölben versehen sind. Durch diese horizontale Schnittlinie wird das Gewölbe in einen oberen Teil, die sogenannte **Kalotte**, und in untere Teile, die Zwickel oder **Pendentifs** zerlegt; häufig, und vornehmlich bei reich dekorierten Gewölben, wird diese Teilungslinie durch ein kleines Gesimsgliedchen deutlich gekennzeichnet, Fig. 724.

Das Kugelgewölbe spannt sich entweder zwischen geschlossene oder mit Gurtbogen durchbrochene Mauern; die Gurtbogen sind, damit sich das Gewölbe entsprechend aufsetzen kann, mit einem 6—10 cm breiten, sogenannten Anschlag zu versehen, Fig. 723 u. 724.

Fig. 724.

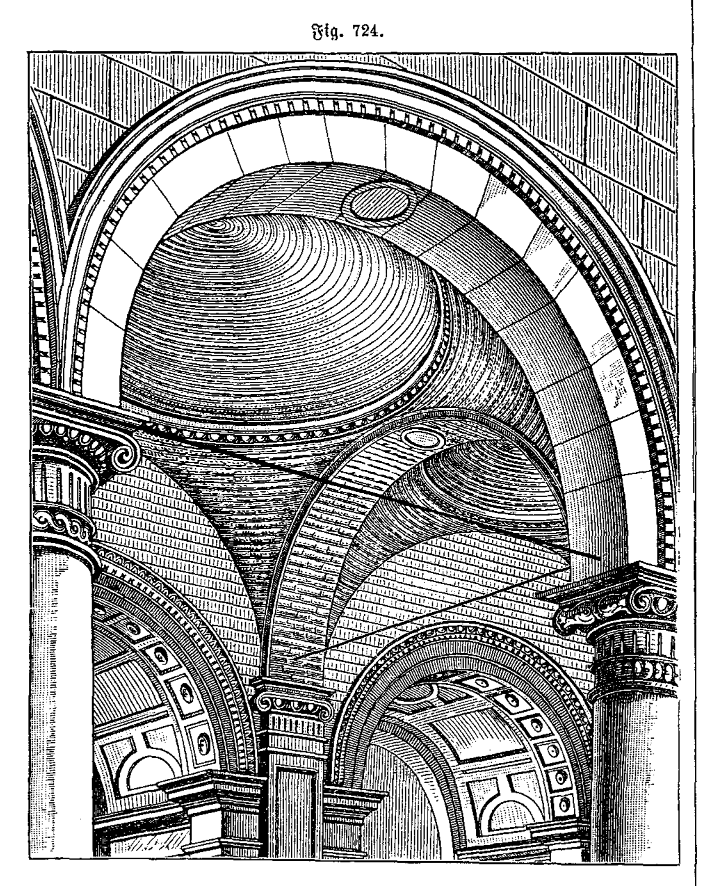
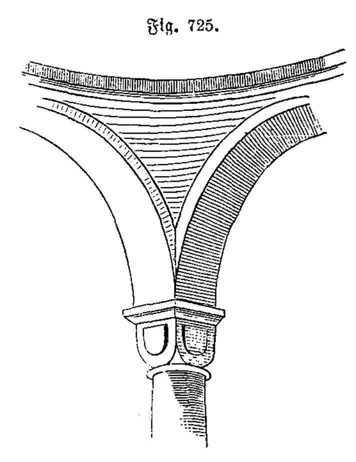


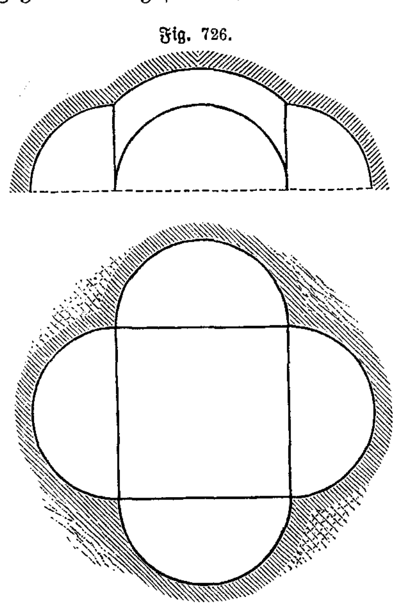
Fig. 725.



Wenn diese Anschläge in den Stützen nicht vorbereitet sind, so ist die auf Taf. 71 gezeichnete Anordnung zu wählen, wobei der Gewölbezwickel bis zum Kämpfer hinabreicht, oder es kann die Ausführung nach Fig. 725 erfolgen, die jedoch den Nachteil hat, daß die Zwickel nicht auf der Kapitellplatte aufsitzen, sondern erst da beginnen, wo die senkrechte Schnittlinie der beiden Anschläge aufhört.

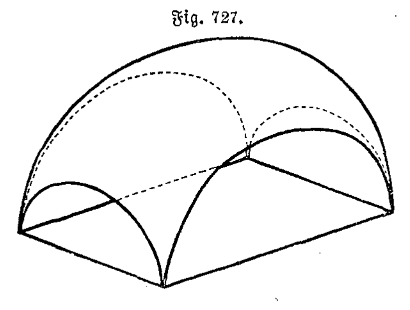
Die Kugelgewölbe lassen sich unmittelbar mit halbkugelförmigen Nischengewölben in Verbindung bringen, wobei sogar die Gurtbogen fehlen können, wie dies schematisch in Fig. 726 dargestellt ist.

Fig. 726.



Soll ein rechteckiger Raum mit Zuhilfenahme der Halbkugel eingewölbt werden, so ist der größte Kreis ebenfalls durch die Ecken der Grundfigur zu legen. Auf Taf. 50 ist außer dem Kugelgewölbe über dem Quadrat ein solches über rechteckigem Grundriß dargestellt, das man gewöhnlich als „böhmisches" Gewölbe bezeichnet, obgleich die Leibungsfläche einer reinen Kugelfläche angehört, Fig. 727. Die Halbkugel ist im Grundriß und im Querschnitt eingezeichnet, und es lassen sich sämtliche Schnitte

Fig. 727.



und Wandbogen hiernach sofort bestimmen; die Scheitel- und die Diagonalbogenlinien sind stets größte Kugelkreise. Die Wandbogen sind nicht mehr einander gleich, und ein Horizontalschnitt durch den Scheitelpunkt des größeren Wandbogens ergiebt wohl eine die beiden Langseiten tangierende Kreislinie, die aber nicht mehr die Eigenschaft hat, das Gewölbe in Kalotte und vier gleiche Pendentifs zu teilen.

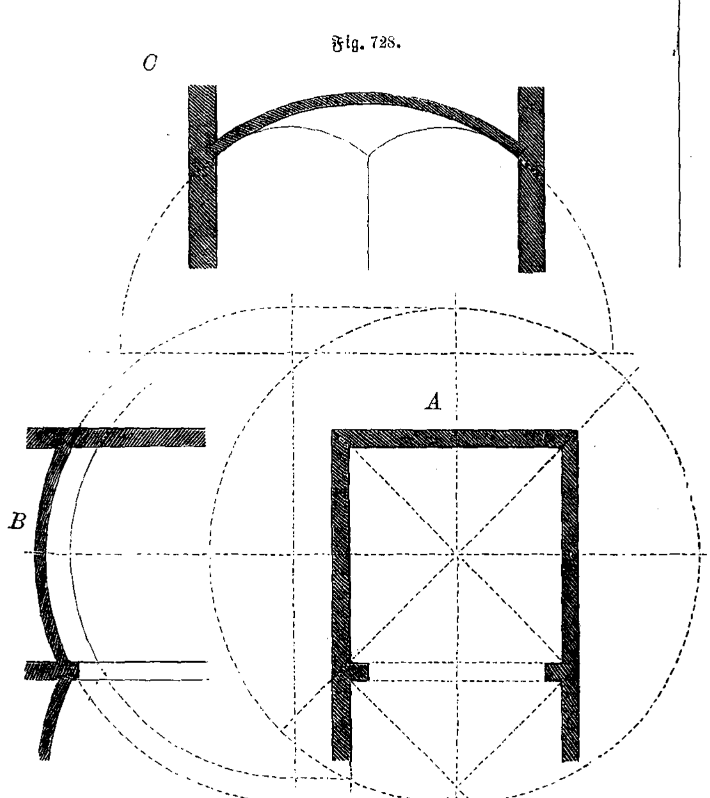
Wird der Kugeldurchmesser größer als die Diagonale des zu überwölbenden Raumes, so daß dessen Ecken nicht mehr in dem umschriebenen Kreise liegen, so entsteht die Kugelkappe, Fig. 728, die über regelmäßigem Polygon und über dem Rechteck ausgeführt wird. Wand- und Diagonalbogenlinien bilden Segmentbogen, die, sämtlich Kugelschnitte, leicht zu ermitteln sind.

Die Ausführung der Kugelgewölbe, die erst nach Fertigstellung der Wand- oder Gurtbogen erfolgt, kann ohne Schalung unter Anwendung der bei der Kuppel angegebenen Hilfsmittel geschehen; doch pflegt man gewöhnlich ein paar Lehrbogen über den Diagonalen des Quadrats aufzustellen.

Die Wölbschichten können in verschiedener Weise angeordnet werden, und zwar:

a) Für die Zwickel:
   1. In horizontaler Vorkragung, Taf. 49 u. Fig. 731.
   2. In ringförmigen Schichten, Taf. 51.
   3. In schwalbenschwanzförmigen Schichten, Taf 50.

Fig. 728.



b) Für die Kalotte:
   1. In ringförmigen Schichten, Taf. 49 u. 50.
   2. In schwalbenschwanzförmigen Schichten, Taf. 50 u. 51.

c) Zwickel und Kalotte können auch in stehenden Ringschichten, ähnlich wie die Tonnengewölbe, eingewölbt werden, eine Wölbungsart, die heute nicht mehr angewendet wird, die sich aber bei den Römern und den Byzantinern findet, Fig. 729 (aus Konstantinopel).[1]) Bei den Byzantinern werden solche parallel den Wandflächen laufenden Schichten auch mit solchen parallel den Diagonalebenen kombiniert, wovon Fig. 730 ein Beispiel giebt.[1])

Fig. 729.

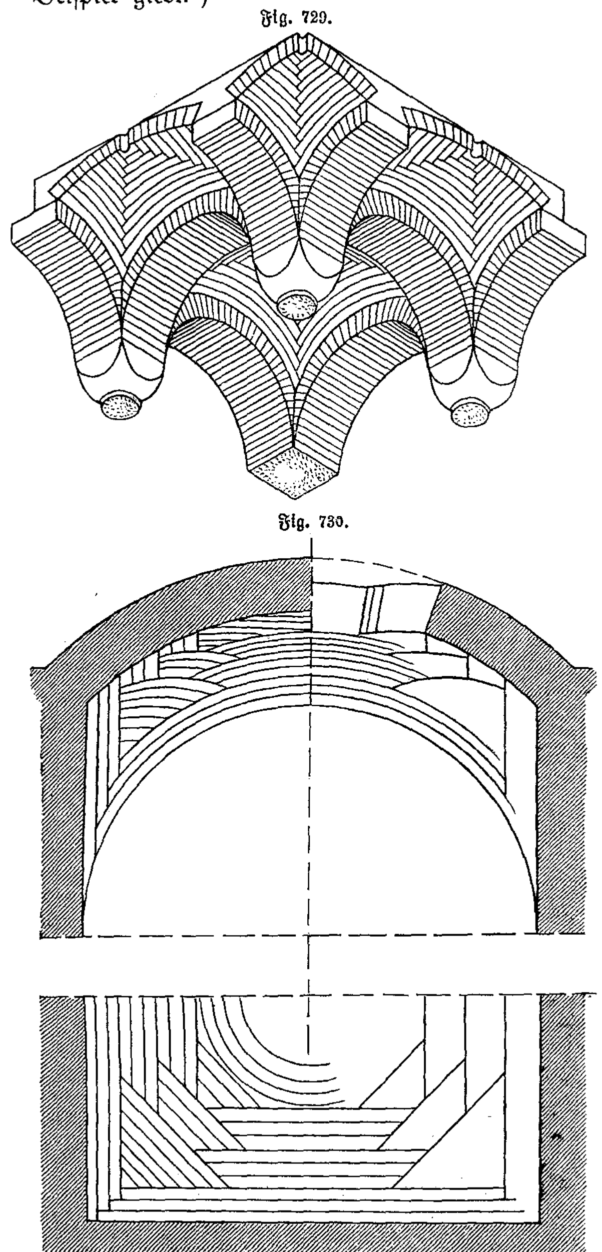


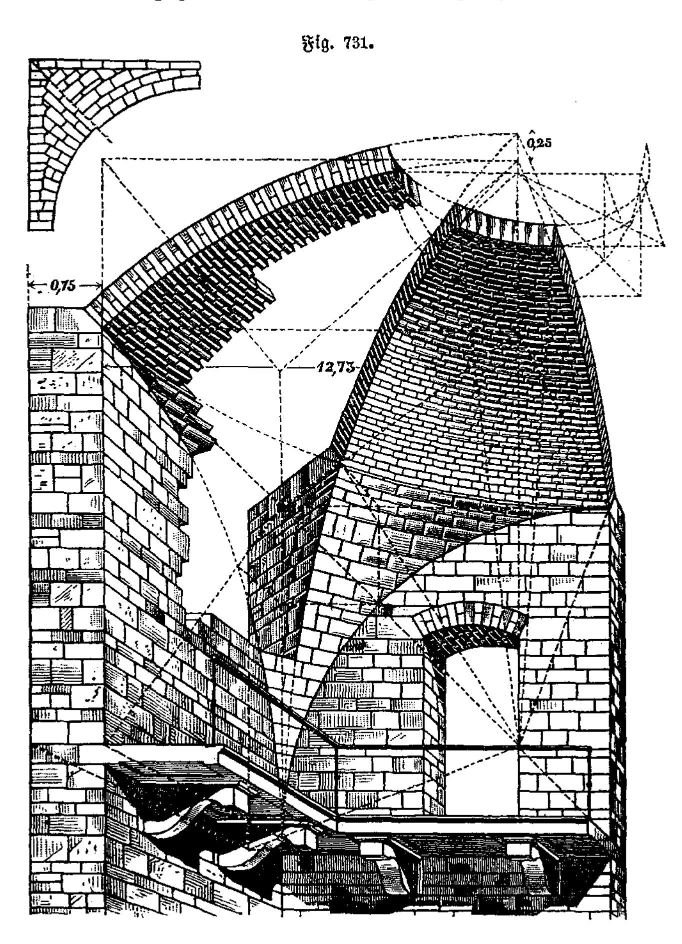
Fig. 730.

Die horizontale Vormauerung der Zwickel mit centralen Stoßfugen ist besonders da zu empfehlen, wo einzelne Gewölbe zwischen Umfassungsmauern einzuspannen sind, da hierdurch der Gewölbeschub ganz wesentlich verringert wird.

1) Choisy, L'art de bâtir chez les Byzantins.

Betrachtet man die Lage des Schwerpunktes dieser mit horizontalen Lagerfugen und im Zusammenhange mit den Umfangsmauern gemauerten Zwickel, so ergiebt sich offenbar ein Bestreben dieser Massen, nach dem Innern des Raumes zu fallen. Diesem Bestreben können sie aber nicht folgen, weil jede Steinschicht mit ihren central gerichteten Stoßfugen einen geschlossenen Ring bildet, so daß die Zwickel, statt ein Ausdrängen der Mauern zu veranlassen, gegenteils auf ein Hineinziehen nach innen

Fig. 731.



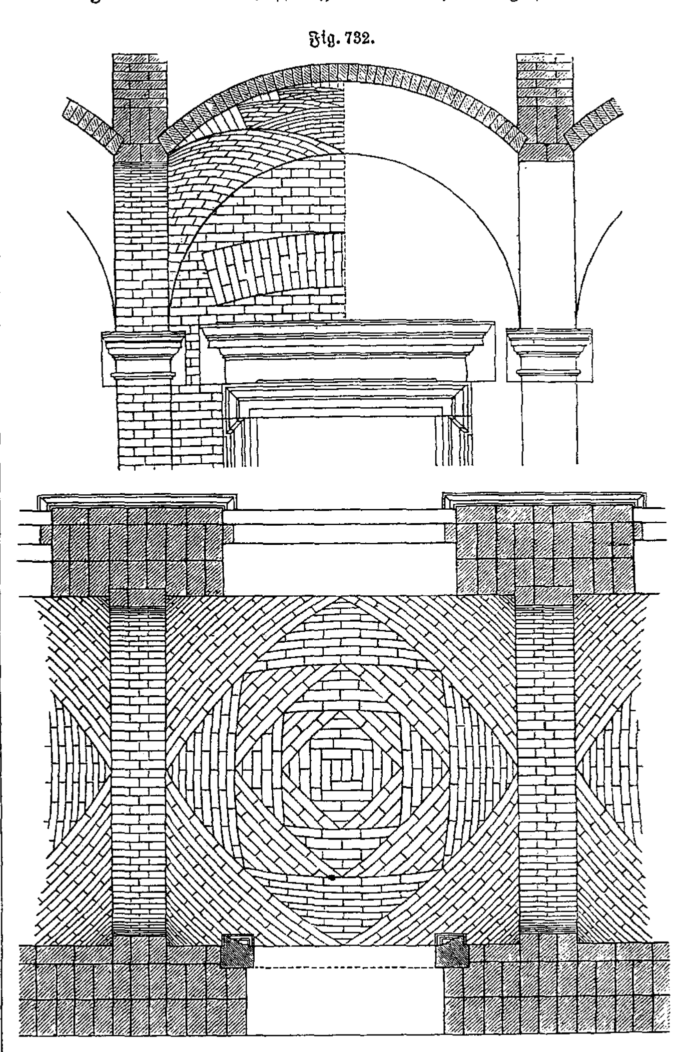
wirken. Diese so verbundenen Mauern bilden das Widerlager für die obere Kalotte der Kugel, aus deren Gewicht ein Bestreben entsteht, die Widerlager nach außen zu drängen. Die Masse der Kalotte ist aber jedenfalls geringer, als die der voll ausgemauerten Zwickel, und es läßt sich mit Sicherheit schließen, daß die Resultierende aus den nach innen und nach außen auf die Mauern wirkenden Kräften noch nach innen gerichtet sein wird. Da in dieser Richtung eine Bewegung aber durch den ringförmigen Schluß jeder einzelnen Schicht unmöglich gemacht wird, so bleibt für die Umfangsmauern nur noch ein lotrecht abwärts wirkender Druck übrig, so daß man ein auf diese Weise ausgeführtes Gewölbe als ein solches ansehen kann, das keinen oder nur einen geringen Seitenschub ausübt.

Daß dem so ist, beweisen zwei von Moller ausgeführte Kugelgewölbe über den Treppenhäusern in dem Theater zu Mainz und im Palais des Prinzen Karl von Hessen in Darmstadt.[1])

Im ersten Fall bestehen die Umfassungsmauern und die Zwickel aus Bruchsteinen, die Kugelkalotte aus Backsteinen.

Fig. 731 zeigt diese Konstruktion in isometrischer Projektion und die Mauerung der Gewölbezwickel in zwei aufeinander folgenden Schichten, woraus deren innige Verbindung mit den Umfassungsmauern hervorgeht.

Fig. 732.



Im zweiten Fall, Taf. 49, bestehen die Mauern und die Kugelkalotte aus Backsteinen; die Zwickel sind in ringförmigen Schichten hergestellt, die Spannweite beträgt 5,2 m und die Stärke der Mauern und des Gewölbes 1 Stein. Trotz der außerordentlich geringen Mauerstärken ist die Anwendung von Eisen durchaus vermieden.

1) Siehe Mollers Beiträge zu der Lehre von den Konstruktionen. 3. Heft.

Taf. 50 zeigt die Konstruktion eines Kugelgewölbes im Grundriß, Querschnitt und Diagonalschnitt, und zwar in der rechten Hälfte mit ringförmigen Schichten, wie bei den Kuppeln, und in der linken Hälfte mit schwalbenschwanzförmigen Schichten. Diese bilden normal auf der Diagonalbogenlinie stehende ebene Flächen, d. h. die sämtlichen Lagerebenen gehen durch den Mittelpunkt der Kugel, und bilden somit in der Gewölbeleibungsfläche lauter größte Kreise, die in allen Projektionen als Ellipsen erscheinen, deren große Achse gleich der Diagonale des Quadrats ist, und somit in einfacher Weise verzeichnet werden können. Da alle Schichten, sobald sie geschlossen sind, sich frei tragen, so erfolgt die Ausführung ohne Lehrbogen mit Hilfe der Leier oder einer im Kugelmittelpunkte befestigten Schnur.

Es empfiehlt sich, über Säulen oder schwachen Pfeilern den Gewölbeanfang durch einen entsprechend bearbeiteten Anfänger in Haustein zu erstellen, wie ein solcher auf Taf. 50 im Grundriß, Quer- und Diagonalschnitt und in einer isometrischen Projektion dargestellt ist. Soll über dem Anfänger ein Pfeiler (zur Aufnahme eines Unterzuges oder dergl.), aufgemauert werden, so empfiehlt es sich, den Anfänger in den oberen Flächen nach Fig. 2, Taf. 71, zu gestalten, um für das Pfeilermauerwerk eine bessere Standfläche zu erhalten.

Bei Gewölben, die unverputzt bleiben, läßt sich eine reiche dekorative Wirkung durch einen Wechsel in der Schichtenführung erreichen (wie solchen schon die Byzantiner angewendet haben, Fig. 730), indem die schwalbenschwanzförmigen Schichten abwechselnd normal auf den Diagonalbogen und den Scheitelbogen angenommen werden, Fig. 732. [1])

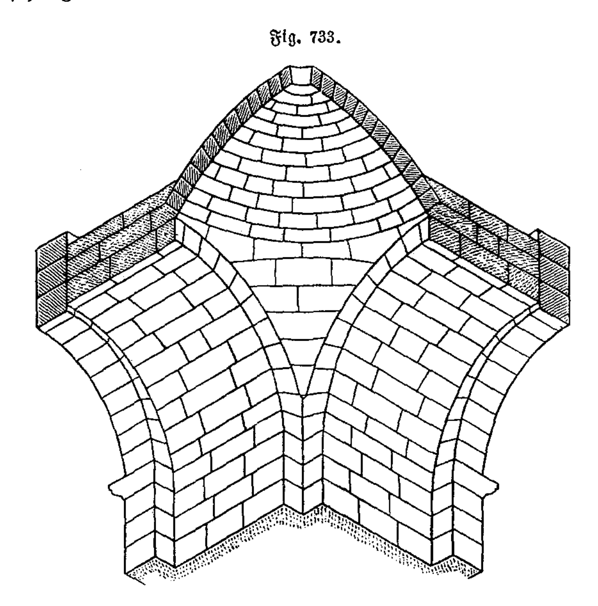
Taf. 51 zeigt die Konstruktion der Kugelgewölbe in den Korridoren des allgemeinen Kollegiengebäudes der Universität in Straßburg. [2]) Die Zwickel erhielten im unteren Teile entweder horizontale Vormauerung oder entsprechende Hausteinanfänger, und sind im oberen Teile mit Ringschichten gewölbt, wogegen die Kalotte mit schwalbenschwanzförmigen Schichten ausgeführt ist.

Diese Kugelgewölbe sind mit kleinen Kalottengesimschen versehen; um diese besser entwickeln zu können, als es an einer stetig durchlaufenden Kugelfläche möglich ist, wurde von der üblichen Anordnung abgewichen, wonach Zwickel und Kalotte derselben Kugelfläche angehören; vielmehr wurde die Kalotte mit einem 10 cm größeren Radius geschlagen, so daß ein 14 cm hoher cylindrischer Ring zwischen Zwickel und Kalotte eingeschoben werden konnte, der mit besonderen Formsteinen R ausgeführt wurde. Die besondere Gestalt dieser Formsteine gestattete nicht allein einen guten Anschluß an die Gurtbogen und die ringförmigen Schichtungen der Zwickel, sondern ermöglichte auch in sehr einfacher Weise, durch entsprechendes Verhauen des in die Kalotte reichenden Ansatzes dieser Formsteine, ein sorgfältiges Aufsetzen der schwalbenschwanzförmigen Schichten, wie dies Taf. 51 in ausführlicher Weise darstellt.

Fig. 1, Taf. 71, giebt einen Querschnitt durch die Gurtbogen dieser Gewölbe mit Angabe der Gewölbeanfänger, die, aus je zwei großen Steinen bestehend, gleichzeitig als Anfänger der Archivolte der großen Bogenöffnungen gegen den Lichthof dienen. Außerdem ist die ganz über dem Gurtbogen liegende Verschlauderung eingezeichnet, worüber Näheres § 29.

Verzeichnung und Ausführung von Kugelkappen, die nur Teile von Kugelgewölben bilden, sind mit keinen Schwierigkeiten verbunden; dasselbe gilt für die aus halben Kugel-, Kuppel- oder Klostergewölben gebildeten Chor- und Nischengewölbe.

Fig. 733.



Auch die Kugelgewölbe reichen in das Altertum hinauf, und insbesondere sind es die Römer des Ostens, die in Backsteinen und in Quadern solche Gewölbe herstellten; als Beispiel eines Quadergewölbes mit eigenartigem Fugenschnitt geben wir in Fig. 733 ein solches aus den Ruinen von Gerasa (Djerach), nach dem bereits mehrfach erwähnten Werke von Choisy, L'art de bâtir chez les Byzantins.

In der heutigen Baukunst ist die Anwendung von Hausteinen zu derartigen Gewölbekonstruktionen eine so außerordentlich seltene, daß wir uns mit diesem kurzen Hinweis begnügen können.

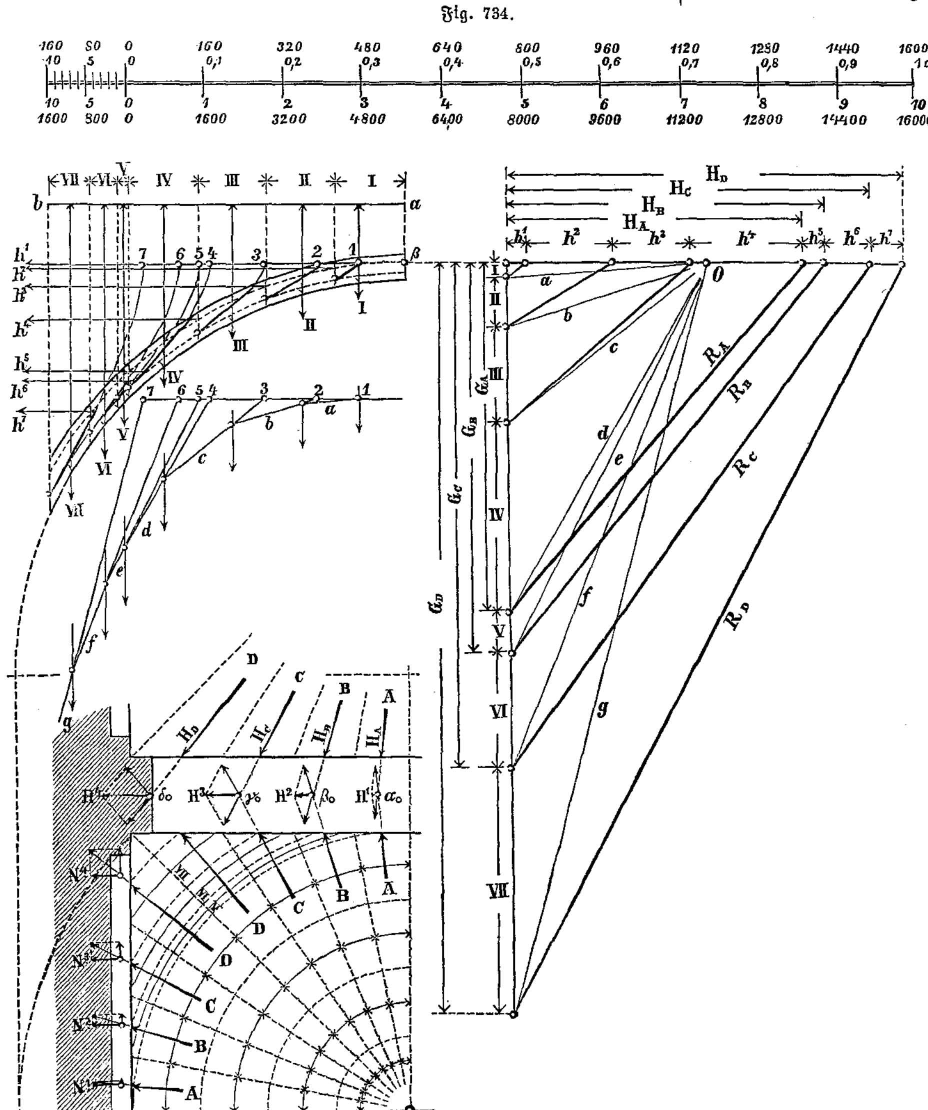
1) Nach Gugitz, Neue und neueste Wiener Baukonstruktionen.
2) Erbaut 1879—1884 von Dr. Warth.

§ 20.

Statische Untersuchung der Kugelgewölbe.

Die in dem Kugelgewölbe auftretenden Pressungen werden von den Gurtbogen aufgenommen und auf die Widerlager übertragen, wobei es erfahrungsgemäß ziemlich gleichgültig ist, ob die Kugel mit schwalbenschwanzförmigen oder mit ringförmigen Schichten hergestellt ist. Denn nicht die Schichtenlage, die für die Ausführung des Gewölbes ihre große Bedeutung hat, sondern die Gestalt des Gewölbes bildet den wesentlichsten Faktor für die im Gewölbe auftretende Druckverteilung. Dabei spielt der Mörtel eine wichtige Rolle, indem er im weichen Zustande die gleichmäßige der Form des Gewölbes folgende Druckverteilung begünstigt, während sich nach seiner Erhärtung der Druck vornehmlich dahin fortpflanzt, wo er den größten Widerstand findet.[1])

Fig. 734.



Man wird deshalb, genau wie bei den Kuppeln, auch die Flächen der Kugelgewölbe ohne Rücksicht auf die gewählten Schichtenlagen in gleich breite Meridianstreifen A, B, C, D, Fig. 734, zerlegen, und für diese nach der in Fig. 722 dargestellten Methode die Größe der Horizontalkräfte ermitteln. Zu diesem Zweck zerlegt man zunächst die sämtlichen Streifen A—D in die gleich breiten Lamellen I—IV, und fügt dann für die Streifen B die Lamelle V, für C die Lamellen V und VI, und endlich für D die Lamellen V, VI und VII bei, wodurch es möglich wird, die Drucklinien für die sämtlichen Meridianstreifen in einer Konstruktionszeichnung zu ermitteln.

Man berechnet jetzt die Kubikinhalte der Lamellen I—VII nach Breite mal mittlerer Höhe mal mittlerer Länge — nur die Lamelle I nach der Keilform — und trägt nach einem beliebig gewählten Maßstabe diese Kubikinhalte im Kräfteplane, Fig. 734, an. Da die Gewichte den Inhalten proportional sind, so giebt der Längenmaßstab, multipliziert mit 1600 kg (dem Gewichte des Backsteinmauerwerks) zugleich den Gewichtsmaßstab; die entsprechenden Werte sind in der Zeichnung beigeschrieben. Es ist dabei angenommen, daß das Gewölbe eine Sandauffüllung mit Plattenboden trage, und die Linie a b giebt die Grenze der auf Backstein reduzierten Belastung, wie dies eingehend bei der statischen Untersuchung der Tonnengewölbe erläutert wurde.

Man schneidet nun die mittlere Hälfte aus der Gewölbeschale heraus, zieht durch die Schnittpunkte der Lamellenteilungen mit den oberen Begrenzungslinien die Horizontalen h^1—h^7 (streng genommen müßten central gerichtete Fugen angeordnet werden, wie in Fig. 722, doch

1) Siehe Ungewitter-Mohrmann, Lehrbuch der gotischen Konstruktionen, I. Bd., S. 46–48.

würde das Ergebnis hierdurch keine Änderung erfahren), bestimmt durch Zeichnung eines Seilpolygons von einem beliebigen Pole O, Fig. 734, die Lage der Schwerpunkte 1—7, und verzeichnet in bekannter Weise die in der mittleren Schale verlaufende Drucklinie, wodurch die der Reihe nach auftretenden Horizontalspannungen h^1—h^7 erhalten werden.

Für die verschiedenen Meridianstreifen A—D ergeben sich hiernach im Kräfteplan die Werte der Gewichte G_A—G_D, der Horizontalspannungen H_A—H_D und der Resultierenden R_A—R_D, deren Größe auf dem Maßstabe abgelesen werden kann.[1])

Schub und Gewicht der einzelnen Meridianstreifen werden von Wand- und Gurtbogen aufgenommen. Am Wandbogen zerlegt sich der schräg anfallende Kappenschub in eine Seitenkraft N senkrecht zur Gurtebene, der die Schildmauer widerstehen muß, und in eine im Wandbogen wirkende Schubkraft, während in dem gemeinschaftlichen Gurtbogen sich die Schubkräfte H_A—H_D mit den entsprechenden der gleichliegenden Meridianstreifen des anderen Gewölbes zu den resultierenden Horizontalkräften H^1—H^4 vereinigen.

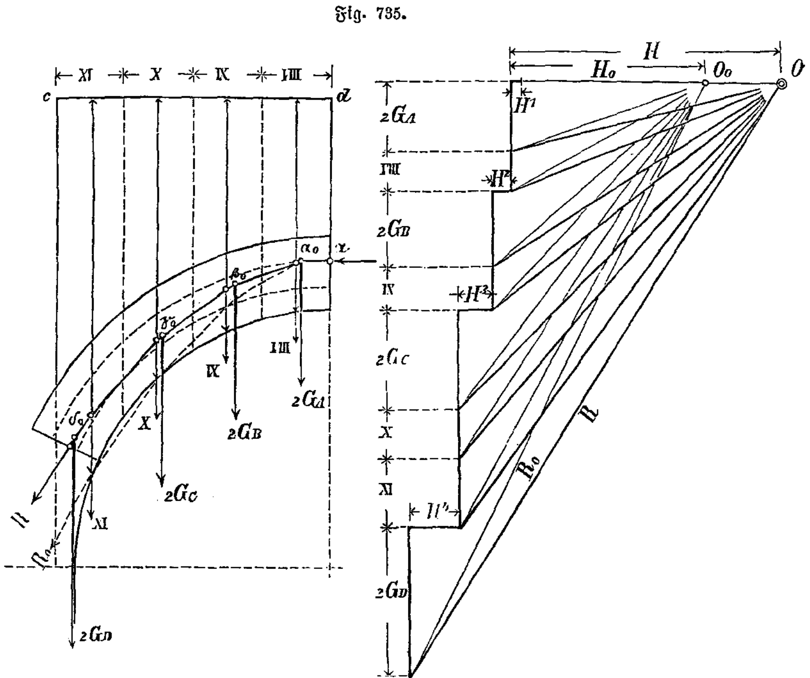
In dem gemeinschaftlichen Gurtbogen wirken somit folgende Kräfte und Lasten:

1. Die von den Gewölbestreifen übertragenen Lasten 2 G_A, 2 G_B, 2 G_C und 2 G_D, die lotrecht in den Schnittpunkten α_0, β_0, γ_0 und δ_0 angreifen.
2. Die Horizontalspannungen H^1, H^2, H^3 und H^4.
3. Das Eigengewicht des Bogens einschließlich seiner Belastung, deren auf Backsteinmauerwerk reduzierte Größe durch die Linie c d, Fig. 735, begrenzt ist. Die Belastungsfläche ist in bekannter Weise in die Lamellen VIII—XI, zu zerlegen und sind die Kubikinhalte zu berechnen.
4. Die noch zu ermittelnde Horizontalkraft H des Gurtbogens.

Trägt man, nachdem die lotrecht wirkenden Lasten in die Konstruktionszeichnung eingetragen sind, den Kräfteplan, Fig. 735, am einfachsten in $^1/_{10}$ der Größe von Fig. 734, auf,[2]) so erhält dieser ein treppenartiges Aussehen; die Konstruktion der Drucklinie, die bei dem als kurzes Tonnengewölbe anzusehenden Gurtbogen im mittleren Drittel verlaufen soll, geschieht am einfachsten, indem man zunächst eine vorläufige Drucklinie α R_0 von einem beliebig gewählten Pole O_0 verzeichnet. Die angenommene Horizontalkraft H_0 ist zu klein und ist durch Probieren zu vergrößern, bis die sich ergebende Drucklinie im mittleren Drittel verbleibt.

Querschnitts- und Widerlagerbestimmung erfolgt nun genau in der beim Tonnengewölbe erörterten Weise.

Fig. 735.



1) Siehe auch Deutsche Bauzeitung 1893, S. 427 und 1894, S. 510.

2) Deshalb sind im Maßstabe Fig 734 unten die verzehnfachten Gewichte angeschrieben, und nach diesem Maßstabe ist der Kräfteplan Fig. 735 aufgetragen.

E. Das böhmische Gewölbe und die böhmische Kappe.

§ 21.

Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

Sollen über regelmäßig oder beliebig unregelmäßig gestalteten Räumen Gewölbe mit stetig verlaufender sphärischer Leibungsfläche konstruiert werden, bei denen aber eine reine Kugelfläche wegen der Grundrißform oder wegen mangelnder Höhe nicht anwendbar ist, so entstehen die böhmischen Gewölbe und Kappen, die sich allen Raumformen und Höhenverhältnissen bei gleicher oder verschieden hoher Lage der Kämpferpunkte anpassen lassen.

Um eine schön und möglichst stetig verlaufende Gewölbefläche zu erhalten, ist es durchaus erforderlich, diese Fläche nach bestimmten Gesetzen zu entwickeln, und zwar am einfachsten derart, daß man je nach den gegebenen Raum- und Höhenverhältnissen Leitlinien und erzeugende

Bogenlinien annimmt, durch die die Leibungsfläche in allen Punkten genau festgelegt wird.

Einige Beispiele werden am besten zeigen, in welcher Weise die Bestimmung der Leibungsfläche erfolgt.

1. Ellipsoidisches Gewölbe.

Das Kugelgewölbe über rechteckigem Raume ergiebt ungleich hohe Gurtbogen; sollen diese gleich hoch werden, so geht die Halbkreislinie über der langen Seite in die Ellipse und die Kugel in das Rotationsellipsoid über, dessen Umdrehungsachse mit der Längenachse des Rechteckes zusammenfällt; sämtliche Schnitte normal zur großen Achse ergeben Kreisbogen.

Taf. 52, Fig. 1—4, zeigt ein solches Gewölbe, wobei Fig. 1 den Grundriß, Fig. 2 u. 3 die mittleren Durchschnitte und Fig. 4 den halben Diagonalschnitt darstellen. Nachdem über der Schmalseite der halbkreisförmige Gurtbogen nebst Anschlag gezeichnet und dadurch auch die gleich hoch liegenden Scheitelpunkte der elliptischen Wandbogen gegeben sind, zieht man den Scheitelkreis fm aus c, wodurch die halbe kleine Achse ab = gc des Umdrehungsellipsoids ermittelt ist, dessen größter horizontaler Schnitt durch die Eckpunkte des Raumes gehen muß, da die Zwickelspitzen auf den Kapitellplatten beginnen. Man hat somit die Aufgabe zu lösen, aus der gegebenen kleinen Achse und einem gegebenen Punkte q die große Achse zu konstruieren, was nach Fig. 485 in einfacher Weise geschehen kann. Nunmehr ist alles zur Formbildung des Gewölbes Nötige gegeben. Denn alle Schnitte normal zur großen Achse geben Kreise, deren Radien su u. s. w. unmittelbar im Grundriß abgelesen und die hiernach in der Vertikalprojektion verzeichnet werden können. Punkte r des diagonalen Lehrbogens und beliebige Zwischenlehrbogen parallel den Gewölbeachsen können somit ohne Schwierigkeit bestimmt werden, wobei noch zu beachten ist, daß alle Schnitte parallel der großen Achse (der Rotationsachse) Ellipsen ergeben.

Die Einwölbung dieser Gewölbe erfolgt stets ohne Schalung auf Schwalbenschwanz, zu welchem Zweck die beiden diagonalen Lehrbogen, die Scheitelbogen und bei größeren Abmessungen noch einige Zwischenlehrbogen aufgestellt werden.

2. Sollen bei einem Gewölbe über oblongem Grundriß die sämtlichen Wand- oder Gurtbogen halbkreisförmig bleiben, die Höhenverhältnisse zur Beibehaltung einer Kugelfläche aber nicht ausreichen, so entsteht ein gedrücktes Kugelgewölbe, wie ein solches Taf. 52, Fig. 5—8, dargestellt ist. Das Gewölbe ist hier soweit gedrückt, als dies nur möglich ist, indem der Gewölbescheitel gleich hoch mit den Scheiteln der großen Wandbogen liegt, so daß sich im Durchschnitt, Fig. 7, eine gerade horizontale Scheitellinie ergiebt, was in konstruktiver Beziehung deshalb nicht empfehlenswert ist, weil sich das Gewölbe leicht senkt, im Scheitel „einsackt“; man sollte deshalb, wo immer möglich, darauf achten, daß das Gewölbe einen, wenn auch kleinen Bogenstich erhalte.

Man betrachte nun den Wandbogen aha und die Scheitellinie cbc, Fig. 5, als Leitlinien, und lasse die Bogenlinie ac als erzeugende Linie parallel zu sich selbst so über die beiden Leitlinien fortbewegen, daß sie stets Kreislinie mit horizontaler Scheiteltangente verbleibt. Der Radius der Bogenlinie wird somit stets wachsen und seinen größten Wert in der Scheitellage hb erhalten. Jeder beliebige Schnitt parallel der Langwand kann sofort verzeichnet werden, da die Punkte auf dem Wand- und dem Scheitelbogen bekannt sind und dadurch auch die Kreislinie bestimmt ist, deren Mittelpunkt wegen der horizontalen Scheiteltangente auf dem Scheitellote liegen muß.

Mit Hilfe dieser Schnittebenen können jetzt auch beliebige Punkte d des Diagonalbogens und damit dieser selbst verzeichnet werden, wie hiernach auch jeder andere etwa notwendige Zwischenlehrbogen ermittelt werden kann, da ja die Gewölbeleibungsfläche infolge der angenommenen Bildungsweise in allen Teilen genau festgelegt ist.

3. Werden die Wandbogen spitzbogenförmig, so werden auch die böhmischen Kappen in allen Querschnitten Spitzbogenform erhalten, und es wird die Entwickelung der Gewölbeleibungsfläche in der ad 2 geschilderten Weise zu erfolgen haben. In Fig. 736 geben wir einen perspektivischen Schnitt einer Kirche nach Baudot,[1]) bei der solche Gewölbe zur Überdeckung des Mittelschiffs verwendet sind; die Zeichnung läßt die Anordnung in allen Teilen klar erkennen.

4. Böhmische Kappe über unregelmäßigem Raume.

Genau in der eben besprochenen Weise kann die Leibungsfläche für jedes beliebige böhmische Gewölbe gebildet werden, und wir wollen deshalb ganz allgemein zeigen, wie ein solches über einem beliebigen unregelmäßigen Grundriß zu bestimmen ist.

Taf. 53, Fig. 1, zeigt den Grundriß des unregelmäßigen Fünfecks, Fig. 2 den Durchschnitt nach abf und Fig. 3 den Durchschnitt nach abcd der Fig. 1.

Zuerst ist der Schwerpunkt b der Grundfigur zu bestimmen, um als Horizontalprojektion des Scheitel-

---

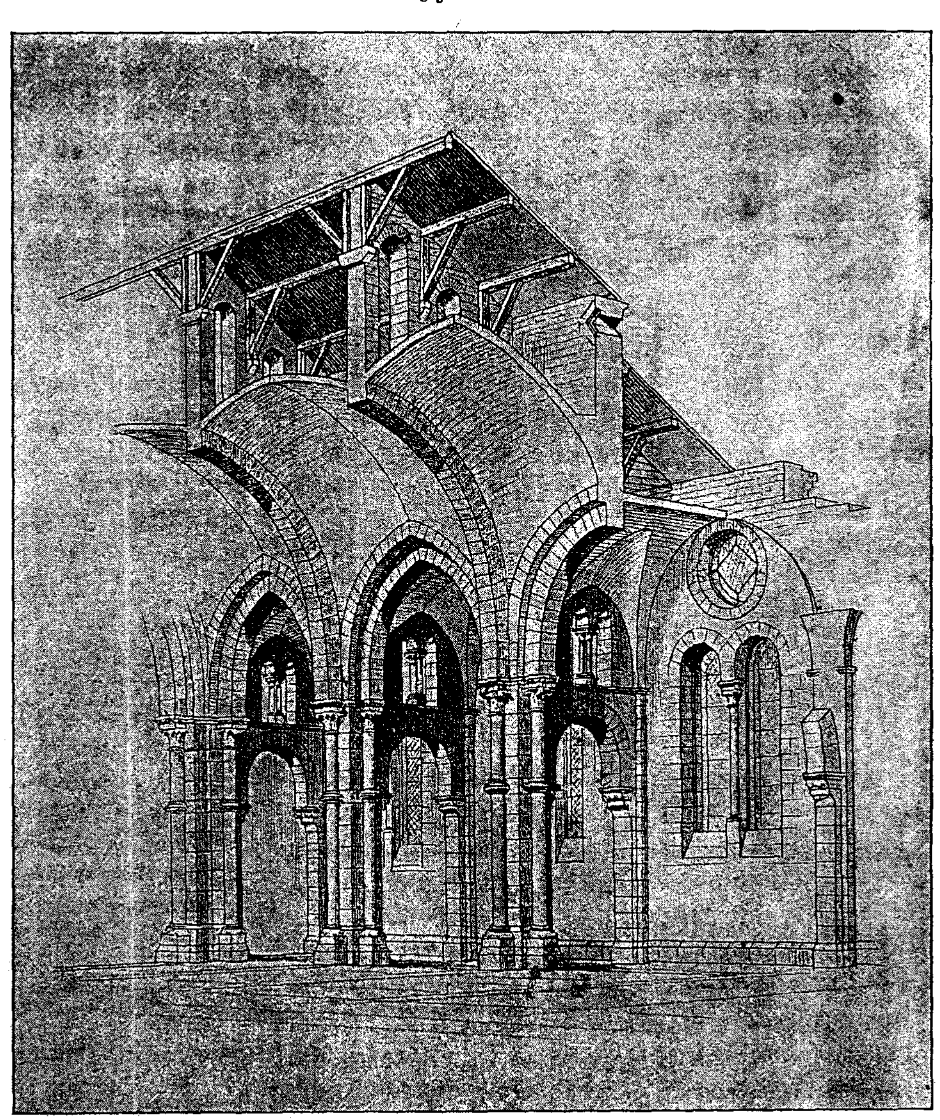
1) Siehe Fußnote, S. 215.

punktes des Gewölbes zu dienen. Wenn dieser jedoch einer der Umfangseiten gar zu nahe fällt, so daß die Entfernungen der Eckpunkte von demselben sehr ungleich werden, so verläßt man den Schwerpunkt und sucht einen solchen Punkt auf, der möglichst gleichweit von allen Eckpunkten absteht, wodurch das Gewölbe an Ansehen gewinnt. Es sind nun wieder die vom Schwerpunkte nach den Ecken aufzustellenden Lehrbogen nebst den fünf Widerlagerbogen zu zeichnen, worauf die in Fig. 1 angedeutete Einwölbung auf den Schwalbenschwanz beginnen kann. Alle Widerlagerbogen sind Kreissegmente; nimmt man einen an, z. B. l′in′, Fig. 2, so hat man die Höhen der übrigen proportional der Höhe des angenommenen Bogens zu machen. Zu diesem Zweck trägt man l′h², Fig. 2, nach eh, Fig. 4, sowie h²i nach hi senkrecht auf eh, und zieht die Hypotenuse ei des rechtwinkligen Dreiecks ehi. Trägt man nun von h aus, Fig. 4 die halbe Länge der vier übrigen Polygonseiten ab, und zieht die Parallelen zu ei, so erhält man die proportionalen Höhen der Wandbogen, die hiernach verzeichnet werden können.

Damit sind die Scheitelpunkte aller Wandbogen bestimmt; nimmt man nun nach den gegebenen Höhenverhältnissen des Raumes die Höhe des Scheitelpunktes k′ an und beachtet, daß die Tangentialebene in diesem Punkte horizontal sein muß, und mithin auch die Tangenten an die einzelnen Scheitellinien hb, fb u. s. w. horizontale Linien sind, deren Mittelpunkte somit sämtlich auf dem Scheitellot liegen, dann können diese Scheitellinien ohne weiteres verzeichnet werden; so ist die Scheitellinie über hb in Fig. 5 dargestellt (h′b = hb, h′i² = h²i, bk = b²k′), und es werden in derselben Figur in gleicher Weise die Scheitellinien fb, cb u. s. w. bestimmt, deren Mittelpunkte sämtlich auf der verlängerten Scheitellinie kb liegen müssen.

Gegeben sind jetzt, wie beim Beispiel 2, die sämtlichen Wand- und Scheitellinien. Man betrachtet wieder, z. B. für den Gewölbteil lhbw, die Linien lw, wb und hb als Leitlinien, die Linie lh als erzeugende Linie, und läßt diese parallel zu sich selbst so über die Leitlinien gleiten, daß sie Kreislinie mit

Fig. 736.



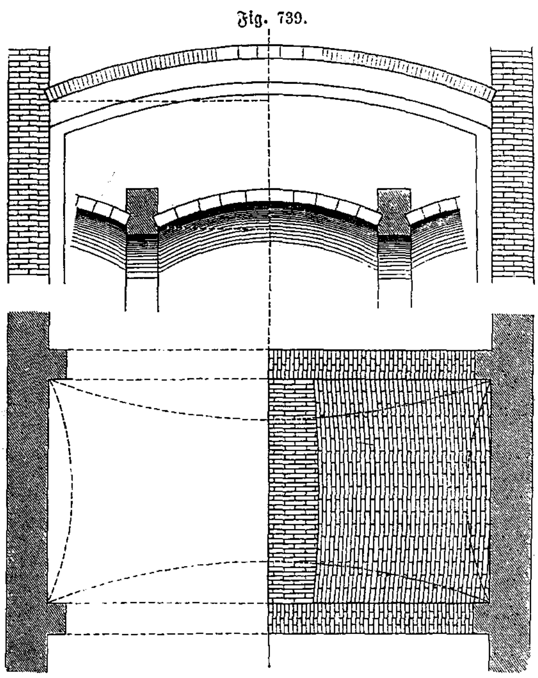
horizontaler Scheiteltangente bleibt. Jeder zu lh parallele Schnitt kann somit unmittelbar verzeichnet werden, da z. B. im Schnitte m 1 der Punkt m auf dem Wandbogen und der Punkt 1 auf dem Scheitelbogen gegeben sind; trägt man diese beiden Punkte in die Vertikalprojektion nach m′ und v′, und ermittelt den auf dem Scheitellot v′1 liegenden Mittelpunkt, so kann die Bogenlinie m′v′ gezeichnet und hieraus der Punkt q des Diagonalbogens bestimmt

Fig. 737.

Fig. 738.

werden Für den Schnitt 2 liegt der Bogenmittelpunkt ebenso auf dem durch 2 gehenden Lote, und für den Schnitt 3 auf dem durch 3 gehenden Lote.

Fig. 739.



In dem Gewölbe h u f b bilden h b, u f und f b die Leitlinien, und h u die Erzeugende; in dem paral-

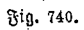
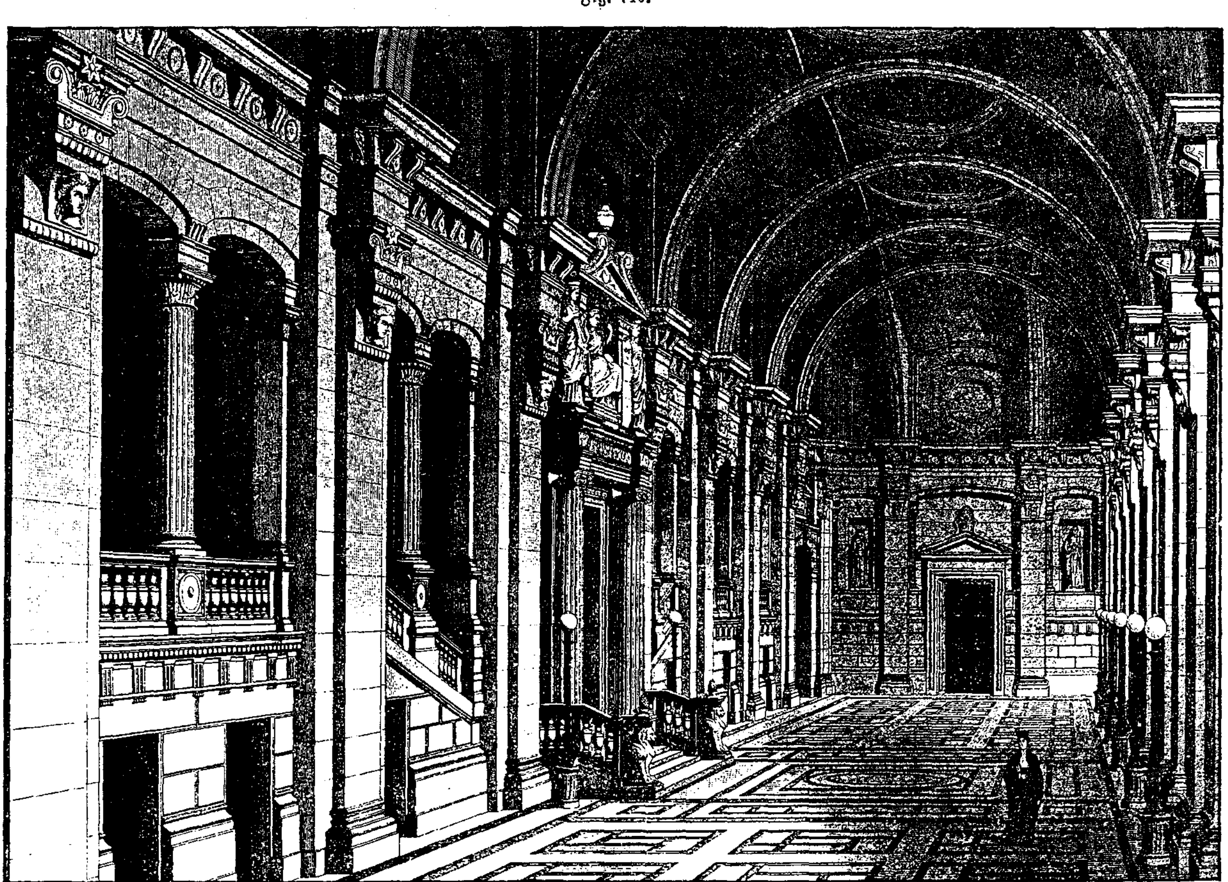


Fig. 740.



lelen Schnitt 1 n sind 1 und n gegeben, der Mittelpunkt liegt auf dem durch 1 gehenden Lote, so daß Bogenlinie v′ n′ gezogen und der Diagonalbogenpunkt r ermittelt werden kann.

In ähnlicher Weise sind durch eine genügende Anzahl Schnitte so viele Punkte der Diagonallinien zu ermitteln, daß diese hiernach gezeichnet, ausgeführt und als Lehrbogen aufgestellt werden können, worauf die Einwölbung auf Schwalbenschwanz mit zu den Diagonalbogen normalen Schichten erfolgen kann. Die Schichtenlagen sind schematisch in Fig. 1 eingezeichnet.[1])

Bei größeren Räumen sind außer den beiden Diagonallehrbogen noch andere nötig, um mehr Anhaltspunkte bei dem Einwölben aus freier Hand zu haben, und es ist ganz gleichgültig, wo man solche aufstellt, wenn man sie nur so einrichtet, daß der Maurer frei zwischen den Lehrbogen stehen und arbeiten kann. Das Heraustragen der Lehrbogen ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden.

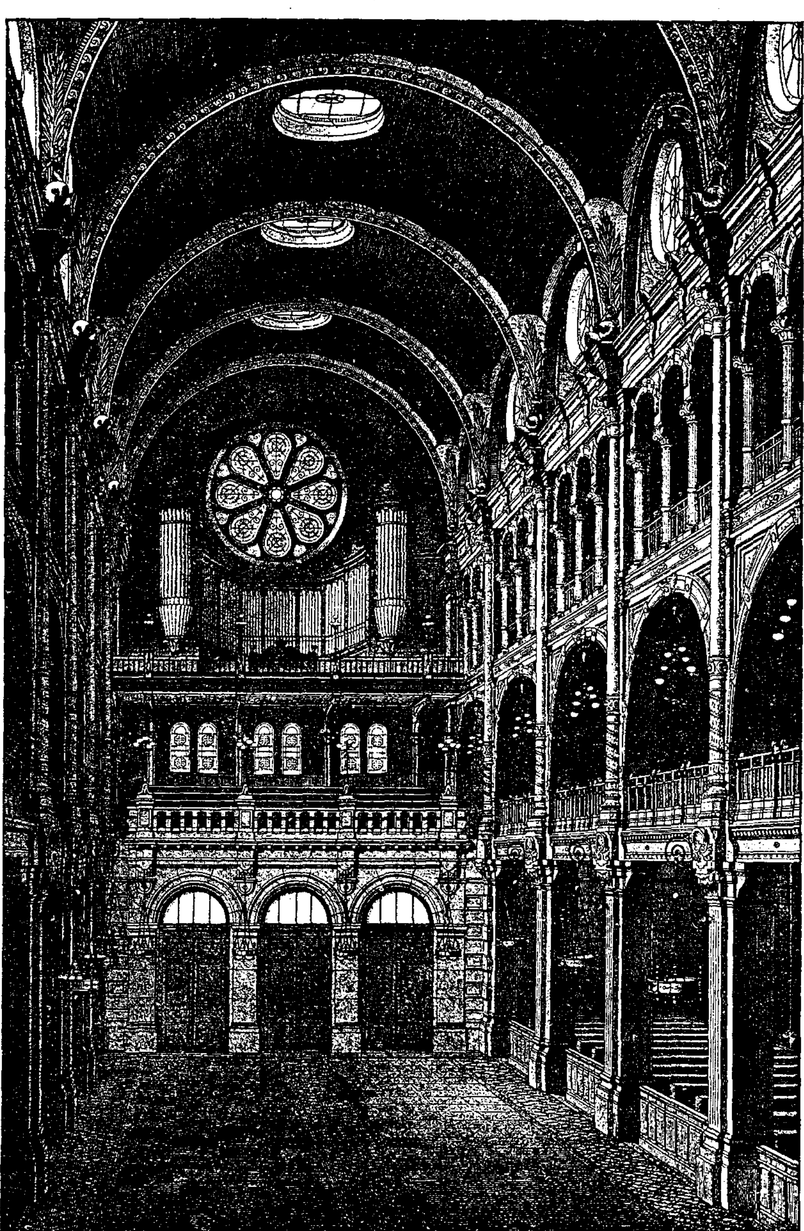
In Bezug auf die Ausführung der Wölbung sei hier nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß mit dem Wölben gleichzeitig in allen Ecken des Raumes begonnen und daß jede Schicht an ihren Enden scharf gegen die Widerlager gepaßt wird. Hierbei dienen die Lehrbogen nur als Anhaltspunkte für das Auge; denn man darf die Steine, welche über dieselben treffen, nicht etwa auf die Lehrbogen auflegen, weil sich das Gewölbe sonst ungleich setzt und buckelig wird. Vielmehr bleibt man mit den Steinen etwas von den Lehrbogen zurück, so daß man, wenn man die Schicht erreicht hat, welche etwa 1,8 m (im Bogen gemessen) lang ist, ca. $1^1/_2$ m über dem Lehrbogen ist. Längere Schichten kann man vermeiden, wenn man die Wölbung nach Fig. 737 ausführt.

Gleich nach dem Schluß des Gewölbes nimmt man sämtliche Lehrbogen heraus, damit das Gewölbe sich frei setzen kann. Man findet hierbei fast immer, daß sich das Gewölbe, selbst bei der besten Arbeit, schon während des Wölbens etwas gesetzt hat, so daß der über den Lehrbogen gelassene Spielraum verschwunden ist und das Gewölbe auf den Lehrbogen aufliegt.

1) Über ellipsoidische Kappengewölbe, die weder in formaler noch konstruktiver Beziehung irgend welche Vorteile bieten, siehe Deutsche Bauzeitung 1880, S. 281.

Die Gewölbwinkel müssen auch hier gleich nach dem Schluß des Gewölbes ausgemauert werden. In den Ecken verwendet man gern natürliche Steine als Anfänger, und legt auch wohl hier das Gewölbe einen ganzen Stein stark

Fig. 741.



an; doch geht man gegen den Scheitel hin immer wieder auf eine Stärke von einem halben Stein zurück.

Eine etwas andere Gestaltung des Kappengewölbes, wodurch die Ausführung auf Rutschbogen mit Mollerschen Wölbschichten möglich wird, zeigt Fig. 738. Hiernach werden über den beiden Seiten a b und a d flache Stichbogen angenommen; die Bogenlinien a b und d c dienen als Leitlinien für den Bogen a d, der sich parallel zu sich

selbst, somit stets lotrecht stehend, über die beiden Leitlinien fortbewegt und die Gewölbeleibungsfläche beschreibt. Die Scheitellinien ergeben somit Bogenlinien mit denselben Radien wie die Wandbogen. Die Ausführung dieser Gewölbe kann auf Rutschbogen nach der Mollerschen Methode mit mittleren verspannenden Kufschichten erfolgen, Fig. 739.

Als Beispiel, welch freie Gestaltung die böhmischen Kappengewölbe zulassen, geben wir in Fig. 740 das große Vestibül aus dem Pariser Justizpalast; hier sind die Felder zwischen den halbkreisförmigen Quergurten durch Längsgurten geteilt, die zwischen sich flache Kugelkalotten aufnehmen, so daß nur die beiden seitlichen Teile als böhmische Kappen übrig bleiben.

Daß an die Stelle der bisher angenommenen Gurtbogen auch dem jeweiligen Zweck entsprechend durchgebildete Eisenrippen treten können, zeigt uns eine von Varcollier ausgeführte Synagoge in Paris, die wir in Fig. 741 wiedergeben.

Die statische Untersuchung erfolgt bei den böhmischen Gewölben in derselben Weise wie bei den Kugelgewölben, auf die wir verweisen.

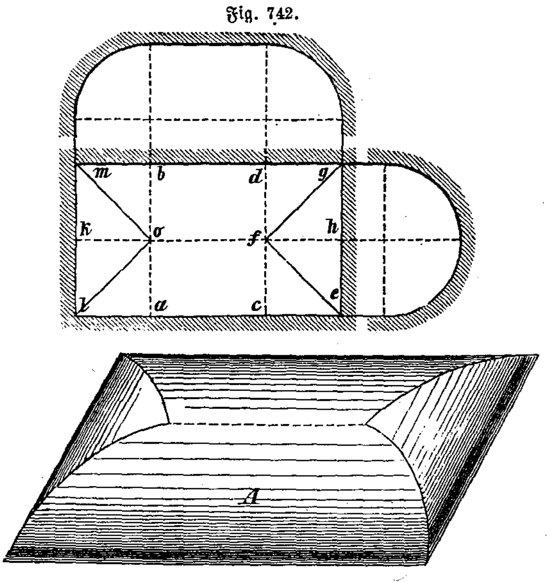
F. Das Muldengewölbe.

§ 22.

Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

Das Muldengewölbe, wegen seiner Ähnlichkeit mit einer Mulde so genannt, wird nur über länglichen Räumen

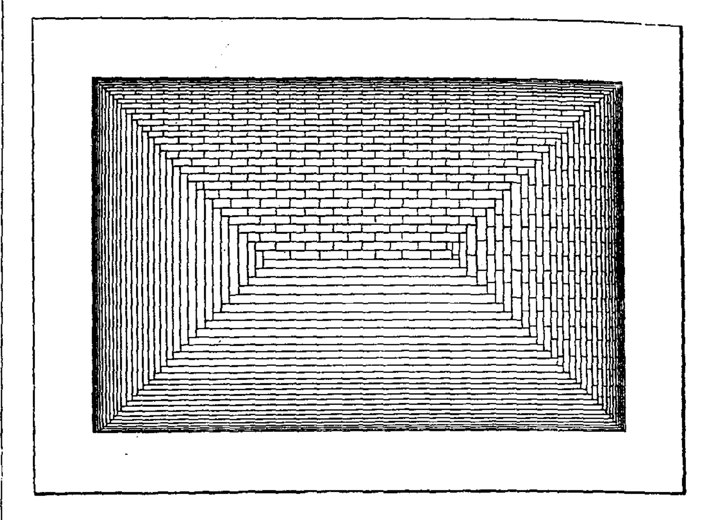
Fig. 742.



angeordnet, Fig. 742; es bildet in seinem mittleren Teile ein gerades Tonnengewölbe, und ist an beiden Enden durch zwei halbe Klostergewölbe geschlossen, die mit ihm einerlei Bogenlinie haben.

Es werden daher die sämtlichen Mauern, wie bei dem Klostergewölbe, zu Widerlagermauern; die sich bildenden Kehlen ergeben in der Horizontalprojektion Linien unter 45 Grad und sind aus der Krümmungslinie der Tonne durch Vergatterung zu bestimmen.

Fig. 743.



Das Gewölbe setzt sich somit aus einem Tonnen- und zwei halben Klostergewölben zusammen und ist daher nach den für diese Gewölbe gegebenen Regeln auszuführen. Wir können uns darauf beschränken, über die Einrüstung zu bemerken, daß der mittlere Teil wie ein Tonnengewölbe behandelt werden muß, an dessen Enden aber über den Linien ab und cd, Fig. 742, Lehrbogen aufzustellen sind, an die sich in den Punkten f und o die über den Kehlen ef, gf, lo und mo, sowie die über den Linien ko und hf aufzustellenden anschiften. Die Einwölbung erfolgt in der Regel auf Kuf, Fig. 743.

G. Das Spiegelgewölbe.

§ 23.

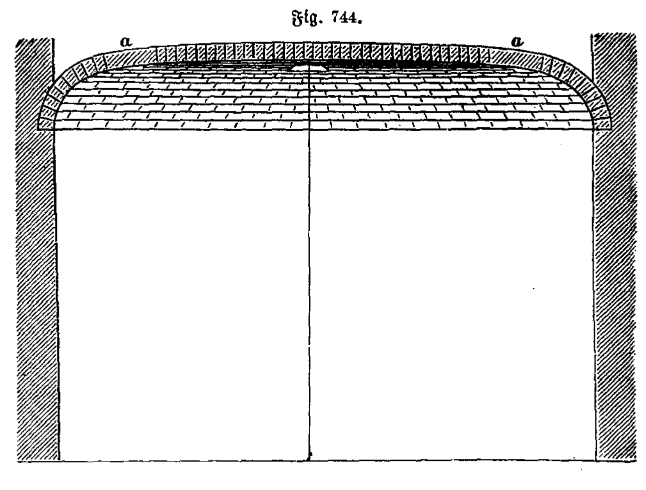
Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

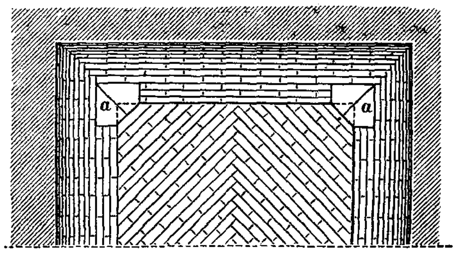
Werden vier Muldengewölbe-Walmen mofg, Fig. 742, über einem quadratischen Raume zusammengesetzt, so lassen sie einen freien Raum zwischen sich, den sogenannten „Spiegel", der mit einer ganz flachen Klosterkappe geschlossen wird, Fig. 744. Solche „Spiegelgewölbe", die nur über regelmäßigen Polygonen und meistens über quadratischen und rechteckigen Räumen zur Ausführung kommen, bestehen somit aus zwei Teilen, einem unteren, der sogenannten Voute, die aus halben Tonnengewölbstücken besteht und häufig mit Stichkappen durchbrochen wird, und dem oberen aus einer Kloster-, beziehungsweise

bei rechteckigem Grundriß einer Muldenkappe bestehenden „Spiegel", der oft von einem mehr oder weniger reichen Rahmen, ähnlich einem Spiegel, eingefaßt wird.

Die sämtlichen Mauern werden wie bei dem Kloster- und Muldengewölbe Widerlagsmauern; die untere große Hohlkehle oder Voute wird auf horizontaler Vorkragung mit Kufschichten und Hintermauerung ausgeführt, während die Einwölbung des Spiegels am besten auf Schwalbenschwanz mit mindestens $1/_{36}$ der Diagonale als Stich erfolgt, so daß man das Ganze als einen sehr flachen Korbbogen, und den Spiegel für sich als fast horizontale Kloster- oder Muldenkappe, d. i. als scheitrechtes Gewölbe ansehen kann. Zum besseren Anschluß der schwalbenschwanzförmigen Schichten ist es wünschenswert, in die Ecken bei a, Fig. 744, größere natürliche Steine als Anfänger einzulegen.

Fig. 744.





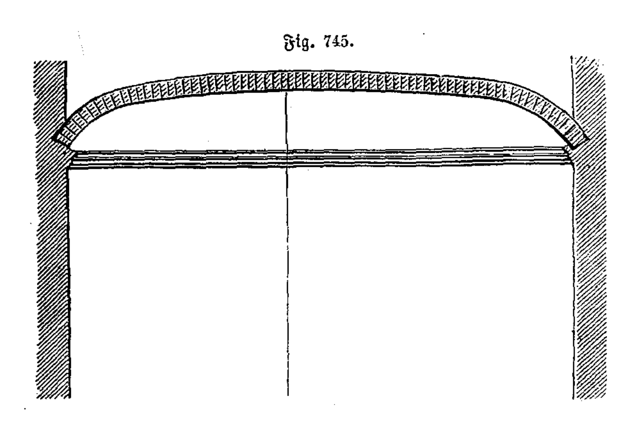
Wird die Voutenlinie nicht mit senkrechter, sondern mit schräger Widerlagertangente, d. h. als Segmentbogen angenommen, so kann das ganze Gewölbe einheitlich mit schwalbenschwanzförmigen Schichten ausgeführt werden, wie Fig. 745 ein solches in der halben Rückenansicht und einem diagonalen Durchschnitt darstellt.

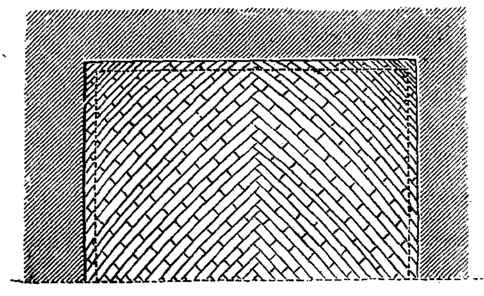
Die Einwölbung muß auf vollständiger Schalung sorgfältig und mit vorzüglichem Bindemittel geschehen, da der mittlere Teil nur dann einige Festigkeit erhalten kann, wenn er durch das Bindemittel zu einer einzigen Masse, gleichsam einer Platte, verbunden wird. Es erscheint selbstverständlich, daß einem solchen Spiegelgewölbe eine Belastung nicht zugemutet werden darf.

Das Spiegelgewölbe eignet sich besonders zur Darstellung großer malerischer Kompositionen, welchen es seine Ausbildung verdankt, und gehört der Renaissanceperiode an, in welcher die Wand- und Deckenmalerei ihre höchste Blüte erreichte. Durch eine regelmäßige Einteilung einschneidender und ansteigender Schilde erhält das Gewölbe einen besonderen Reiz, indem es mit der vertikalen Teilung der Wandflächen in innigen Zusammenhang gebracht wird, wie Fig. 1—3, Taf. 54, deutlich zeigen.

Für Decken großer Räume, Säle, Treppenhäuser, Vestibüle u. dergl., die eine reichere architektonische und dekorative Durchbildung erhalten, wählt man sehr häufig die Spiegelgewölbe, doch so, daß nur die mit oder ohne einschneidende Schilde gebildete Voute als eigentliches Gewölbe, der Spiegel jedoch als Balkendecke ausgeführt wird, so daß derartige Spiegeldecken auch in den unteren Geschossen angewendet werden können, da die Balkendecken die Bodenlasten aufnehmen und die Hohlkehlen, die keine konstruktive, sondern nur formale Bedeutung besitzen, dadurch vollständig entlastet werden.

Fig. 745.





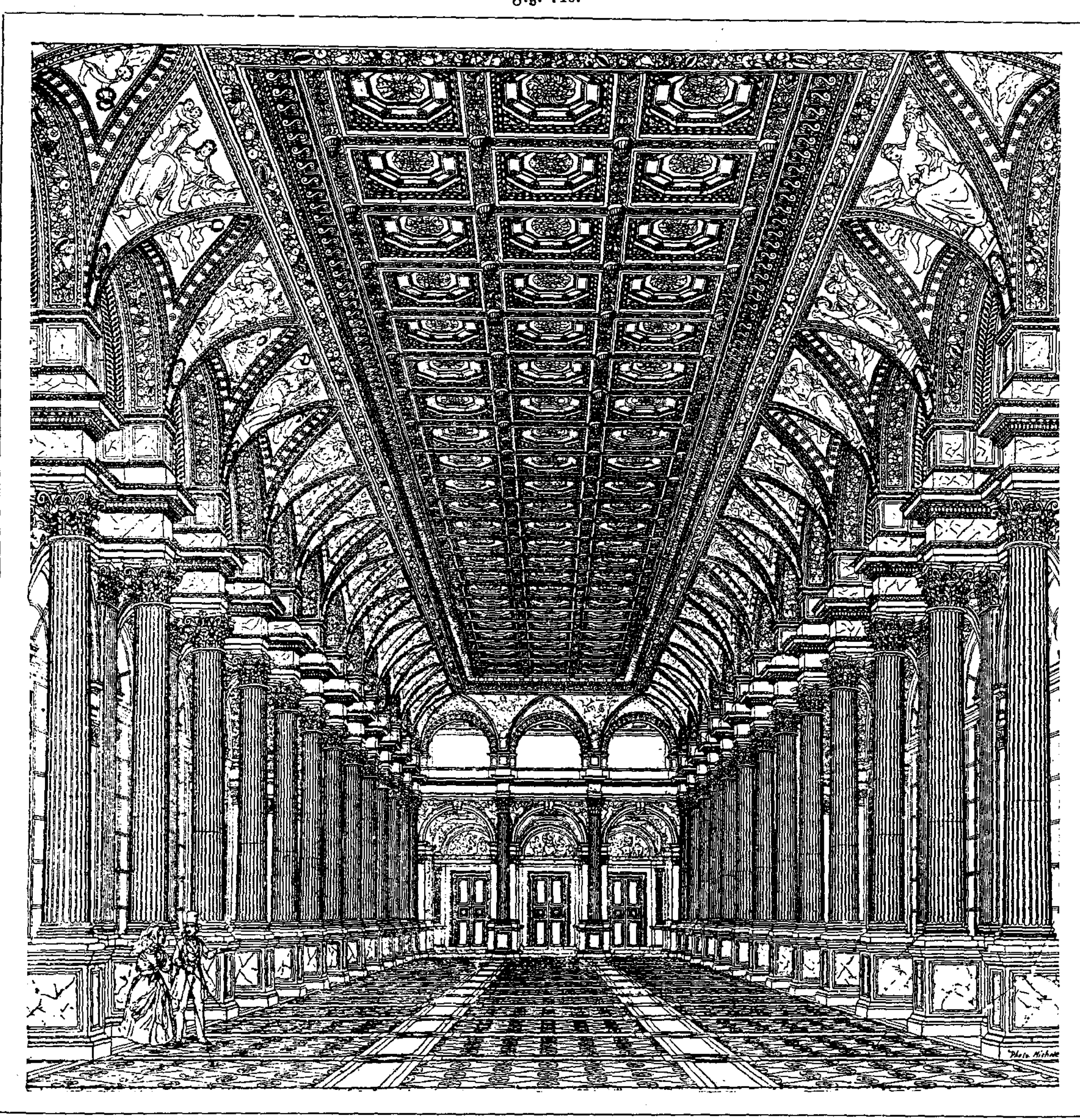
Ein großartiges Beispiel einer solchen Decke bietet der große Festsaal im Rathaus zu Paris, von dem wir in Fig. 746 eine perspektivische Ansicht geben.[1])

Auch das Titelblatt dieses Bandes zeigt eine solche Decke aus dem Haupttreppenhause des Kollegiengebäudes der Universität in Straßburg. In diesem Gebäude ist eine größere Anzahl solcher Spiegeldecken ausgeführt, deren

1) Nach Hôtel de ville de Paris, Paris.

Konstruktion auf Taf. 55 (aus dem Hauptvestibül) dargestellt ist. Die Voute stützt sich oben gegen einen Kranz aus ⊏=Schienen, der mit aus Flacheisen hergestellten Winkeln an die I=Schienen, die die Decke bilden, befestigt ist, und an dem sich auch das auf einer entsprechenden Unterfütterung angebrachte und in Stuck ausgeführte reiche Normalen gezogen, so können die Durchschnitte mit den horizontalen und den steigenden Cylinderflächen ermittelt und die Fugen in der Horizontal= und der Vertikalprojektion eingezeichnet werden. Da das Herausmauern der Gräte zunächst dem Kämpfer, besonders beim Zusammenschneiden mit Gurtbogen, mit Schwierigkeiten verbunden

Fig. 746.



Gesims befindet, das den kassettierten Spiegel von der großen Hohlkehle trennt. Die Voute kann mit Kufschichten auf vollständiger Einschalung, oder besser aus freier Hand auf Schwalbenschwanz, eingewölbt werden, wobei nur einige Lehrbogen — Wandbogen, Gratbogen und Voutenbogen beim Zusammenschnitt der Schichten — aufzustellen sind. Hierbei stehen die einzelnen Schichten normal auf dem Gratbogen; werden somit in dem Diagonalschnitt die ist, so empfiehlt sich die Anwendung von Hausteinanfängern, die mit den entsprechenden Lagerebenen für die Gurten und die Voute mit ihren Schilden versehen sein müssen. Konstruktion und Verzeichnung dürfte aus der auf Taf. 55 gegebenen Darstellung in allen Teilen zu ersehen sein.

Häufig bleibt auch der Spiegel ganz offen und wird zur Anlage eines Oberlichtes benutzt, wobei die Konstruk=

tion in ähnlicher Weise mit Hilfe von Walzeisenträgern durchgeführt werden muß.

Eine etwas andere Gestaltung erhält das Spiegelgewölbe, wenn die Voute durch Gurten geteilt, und zwischen diese an Stelle der cylindrischen Flächen „sphärisch“ gekrümmte Gewölbchen nach Art der böhmischen Kappen eingespannt werden. Fig. 747 verdeutlicht eine derartige Ausbildung in der Treppenhausdecke der Technischen Hochschule in München (Gottfried Neureuther), die zugleich die Anlage eines Oberlichtes in dem Spiegel zeigt.

Schließlich geben wir noch in Fig. 748 ein ähnlich gestaltetes Gewölbe aus der von L'heureux erbauten Bibliothek der „L'école de droits“ in Paris, bei dem die Gurten durch Eisenrippen ersetzt sind.[1])

Eine besondere Form des Spiegelgewölbes ergiebt sich, wenn bei Gewölben über quadratischen Räumen dem Spiegel eine achteckige Begrenzung gegeben wird. In diesem Fall laufen von den Ecken des Raumes je zwei Gratlinien, bezw. Kehllinien nach den entsprechenden Ecken des Spiegels, deren Verzeichnung in einfacher Weise mit Hilfe der Vergatterung erfolgt.

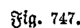
In Fig. 749 ist ein solches Gewölbe dargestellt, wobei eine Ausführung in Haustein angenommen ist, bei welchem Material der Spiegel als scheitrechtes Gewölbe ausgeführt werden kann. Die Vouten erhalten Kufwölbung, wobei, wie bei den Klostergewölben, auf Anordnung besonderer Kehlsteine zu achten ist (siehe Fig. 668).

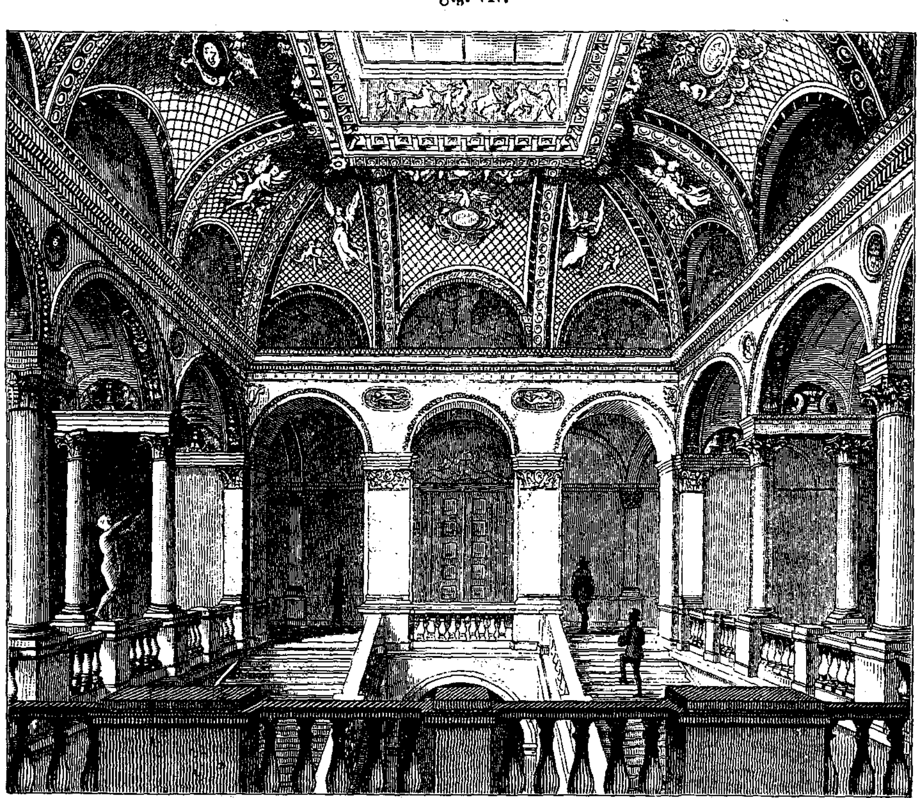
H. Das Kreuzgewölbe.

§ 24.

Allgemeine Anordnung und Konstruktion.

Durch Anwendung der Gewölbkappen A A', Fig. 634, entsteht das Kreuzgewölbe, Fig. 635. Der zu überwölbende Raum kann eine drei-, vier- oder mehrseitige, regel- oder unregelmäßige Figur sein. Keine dieser Umfangsseiten erscheint als Widerlager, sondern nur die Ecken bilden solche. Das Kreuzgewölbe hat daher auch keine Kämpferlinien, sondern nur Kämpferpunkte, und kann allein durch in den Ecken der Grundfigur angebrachte Stützen (Pfeiler, Säulen) getragen werden. Ist der überwölbte Raum geschlossen, so sind die Umfassungsmauern sämtlich Schild- oder Stirnmauern. Die Gräte zeigen sich als vorspringende scharfe Kanten im Innern des überdeckten Raumes, und über ihre Horizontalprojektionen gilt dasselbe, was wir bei den Klostergewölben angeführt haben.


Fig. 747.

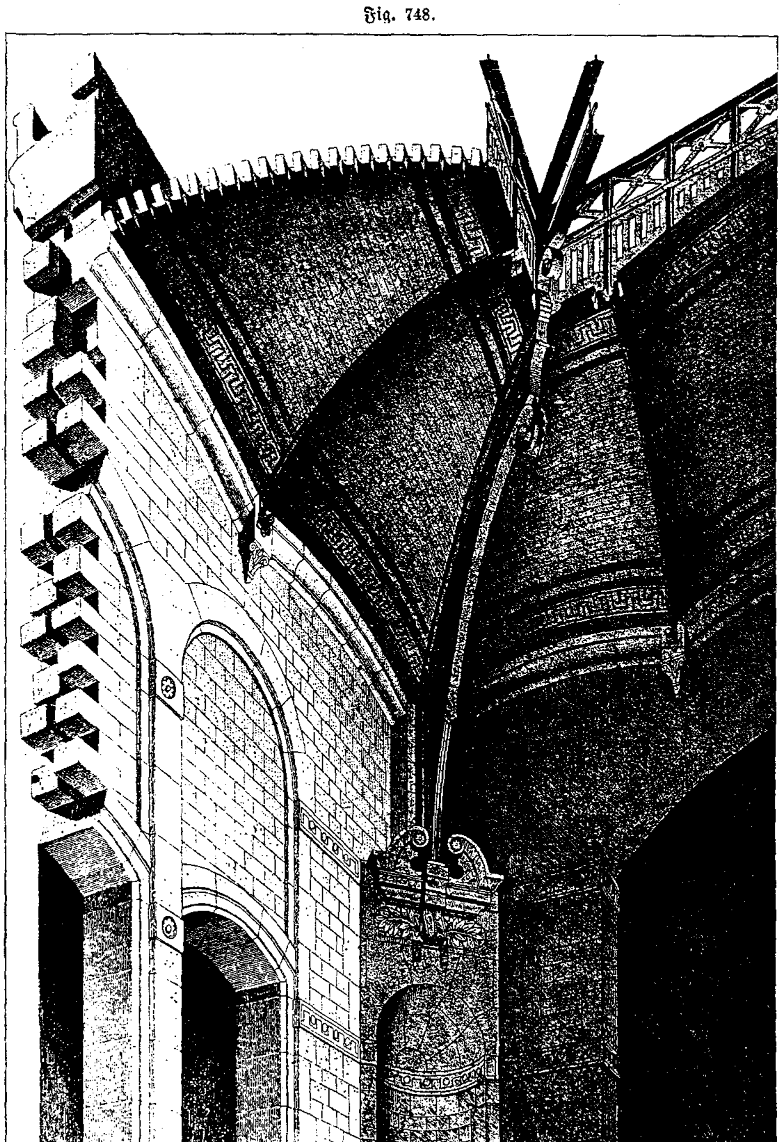


Jedes einfache Kreuzgewölbe besteht aus so vielen Gewölbekappen, als die Grundfigur Seiten hat; diese Kappen bilden in der Horizontalprojektion geradlinig begrenzte Dreiecke, deren Spitzen sich alle in einem Punkte, der Projektion des Schnittpunkts aller Scheitellinien der einzelnen Kappen, vereinigen, und deren Grundlinien mit den Projektionen der Umfangsseiten der Grundfigur zusammenfallen. Diese Dreiecksgrundlinien sind die Horizontalprojektionen der Stirnen der Gewölbkappen, und diese allein finden in den Ecken der Grundfigur ihre Widerlagspunkte. Für die beiden übrigen Seiten der Kappen müssen aber erst Widerlager gebildet werden. Diese erhält man, indem man besondere, einschenkelige oder einhüftige Mauerbogen (Gratbogen), von den Ecken der

1) Nach „Encyclopaedie d'Architecture“, Paris 1881.

Grundfigur aus, gegen den Schnittpunkt der Scheitellinien, den Scheitelpunkt des Kreuzgewölbes, hin wölbt, wo sie sich alle in einem gemeinschaftlichen Schlußsteine vereinigen.[1]) Bei regelmäßigen Grundfiguren mit gerader Seitenzahl bilden die von zwei einander diagonal gegenüber liegenden

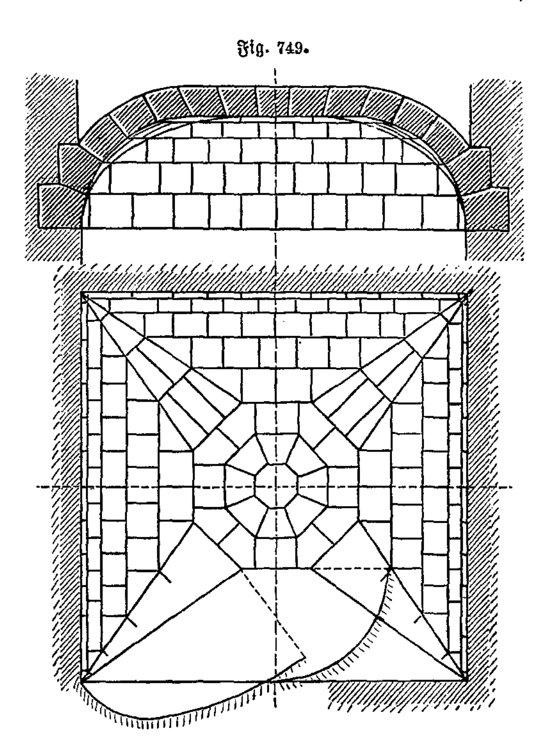
Fig. 748.



Eckpunkten ausgehenden Gräte in der Horizontalprojektion gerade, durch die Projektion des Scheitelpunktes gehende Linien. Ein lotrechter Durchschnitt durch dieselben giebt Bogenlinien, deren Scheitel mit dem des Gewölbes zusammenfallen und deren Fuß in den Ecken des überwölbten Raumes sein Widerlager findet.

Das **Kreuzgewölbe**, Fig. 750,[1]) unterscheidet sich von dem Tonnengewölbe, Klostergewölbe, Muldengewölbe und dem gewöhnlichen Kuppelgewölbe durch einen wesentlich **statischen** Vorzug, der darin besteht, daß es sein Gewicht auf einzelne Stützpunkte überträgt, während jene umschließende Mauern als Widerlager erfordern. Durch diese Eigenschaft ist die Aufhebung des Seitenschubes, geschehe dies durch

Fig. 749.



eiserne Anker, Strebepfeiler oder Strebebogen, erleichtert und vereinfacht, weshalb sich das Kreuzgewölbe namentlich zur Einwölbung hoher Räume eignet, indem die Widerlager samt Schildmauern weit weniger Material kosten, als dies z. B. beim Tonnengewölbe der Fall ist. Diese so zweckmäßige Gewichtsverteilung des Kreuzgewölbes bedingt eine ebenso rationelle Anlage der Mauern, welche in stützende zugleich strebende, und in umschließende oder füllende Teile zerfallen, wodurch eine vertikale Teilung der Umfassungsmauern entsteht, welche wir besonders dem Einfluß des Kreuzgewölbes verdanken.

Aber auch in Beziehung auf **Beleuchtung** müssen wir das Kreuzgewölbe den genannten Gewölben voranstellen. Während bei diesen die Fenster unterhalb der

1) Bei den Kreuzgewölben aus Quader- oder Werksteinen werden dergleichen Gratbogen zwar nicht besonders eingewölbt, sondern durch die sogenannten **Gratsteine**, von denen jeder zwei aneinander grenzenden Kappen gemeinschaftlich angehört, gebildet, doch geschieht hierdurch der obigen Erklärung kein Eintrag, denn diese Steine halten sich allein mit Hilfe der Widerlager in den Ecken gegenseitig im Gleichgewichte, dienen den übrigen Kappenteilen als Widerlager und vertreten daher die Stelle der Gratbogen vollkommen.

1) Kirche zu Lippoldsberg.

Kämpferlinien angelegt werden müssen, wenn man die Stichkappen vermeiden will, kann beim Kreuzgewölbe deren Anlage weit höher, nahezu in der Höhe des Gewölbescheitels, und ohne Rücksicht auf die Kämpferpunkte zu nehmen, geschehen.

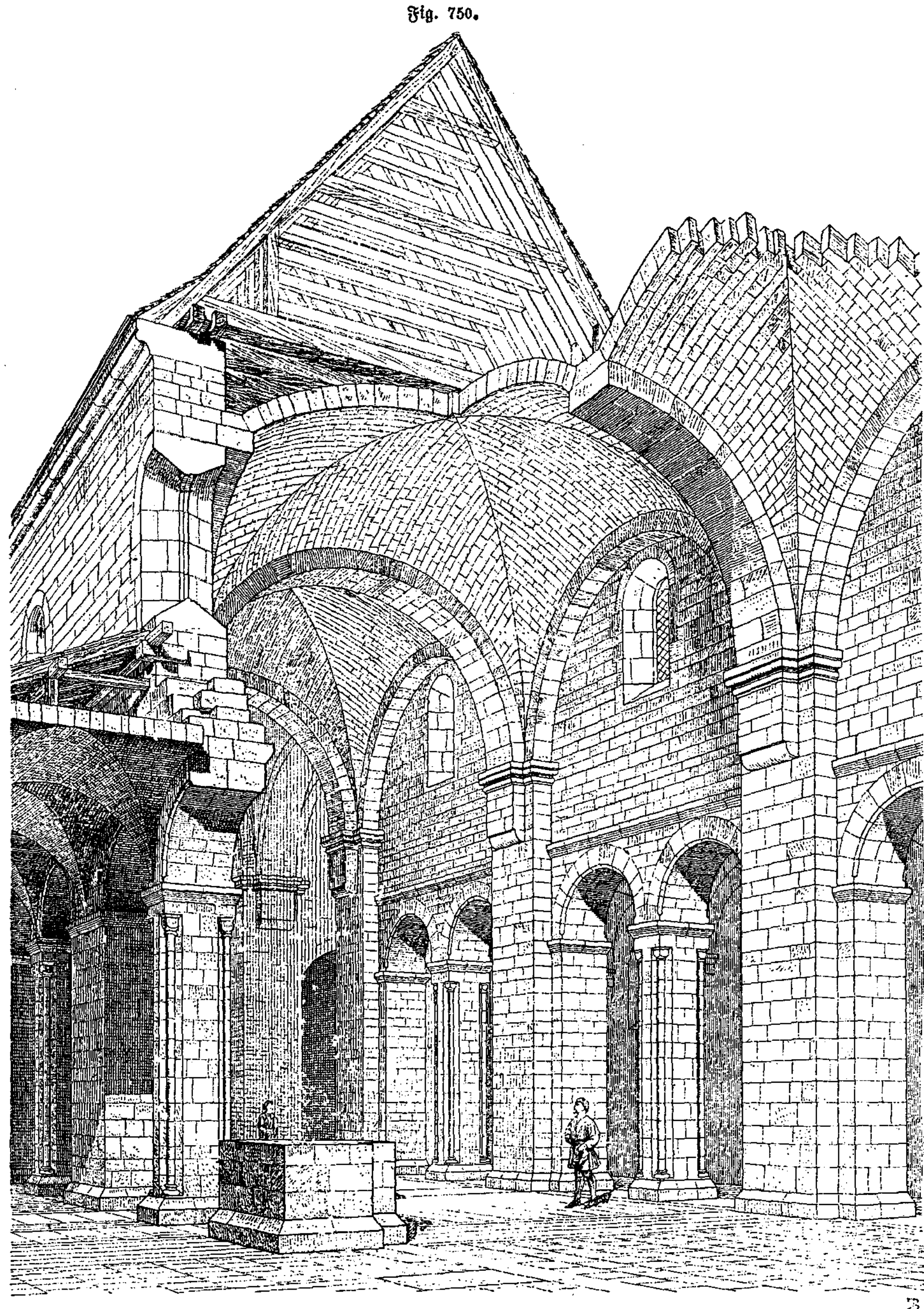
Außer den konstruktiven Vorzügen gewährt das Kreuzgewölbe auch bedeutende formale. Das Tonnengewölbe bewegt sich nur nach einer Richtung, welche durch seine Scheitellinie bestimmt ist und verbindet nur im Sinne der Breite die gegenüber liegenden Stützen; das Kreuzgewölbe hingegen bewegt sich vermöge seiner beiden Scheitellinien nach zwei Richtungen und verbindet somit nicht allein nach der Breite, sondern auch nach der Länge, ja selbst nach den Diagonalen die Stützpunkte. Durch diese Eigenschaft macht sich das Kreuzgewölbe besonders geschickt zur Zusammensetzung, indem es sich nach zwei Seiten lebendig bewegt, nach welchen Richtungen es einen Anschluß von beliebiger Ausdehnung erlaubt.[1])

Da das Kreuzgewölbe ein wesentlicher Konstruktionsteil der mittelalterlichen, insbesondere der gotischen Architektur ist, so mögen hier zunächst die Benennungen des gotischen Kreuzgewölbes ihren Platz finden.

Gewölbejoch heißt ein vollständiges Kreuzgewölbe; sind mehrere aneinander gereiht, so können die Gewölbejoche von gleicher oder verschiedener Breite sein.

Nähte, Gräte, Gierungen heißen die diagonalen Bogenlinien, nach welchen sich die Gewölbekappen schneiden.

Fig. 750.



Werden diese durch vortretende Bogen aus Werksteinen oder Backsteinen ersetzt, so erhält man die Diagonalrippen, Diagonalgurten, Kreuzrippen.

Die Gurten, welche die Gewölbejoche voneinander trennen und die Stelle der Schildmauern einnehmen, heißen Quergurten, Gurtrippen, Gurtbogen, Transversalrippen.

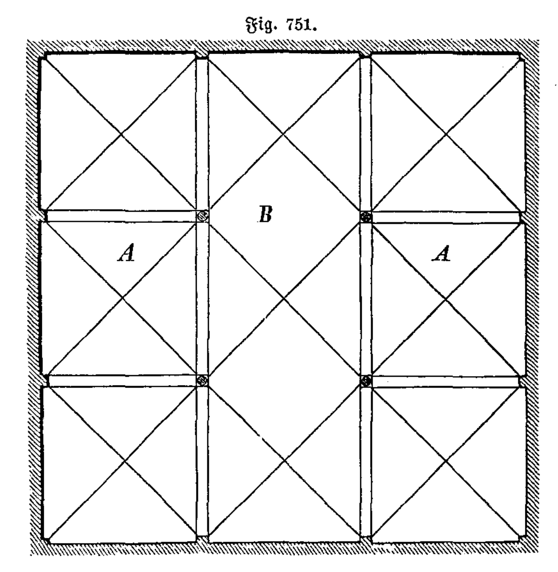
1) Während im Tonnengewölbe jeder Punkt des Gewölbeanfanges nur verbunden mit dem einen gegenüber liegenden Punkte erscheint, entspringen hier aus jedem Ausgangspunkte drei zur gegenüber liegenden Wand hinüberlaufende Linien, welche dieselbe in drei verschiedenen Punkten berühren, und von jedem wieder vervielfacht in anderen Richtungen zurückstrahlen. Es ist also ein reicher, sich mannigfaltig kreuzender Verkehr zwischen beiden Wänden gegeben, sie strömen gleichsam herüber und hinüber, in beständigen Repulsionen, welche den ganzen Raum bis an seine äußersten Grenzen durchdringen. Schnaase, „Geschichte der bildenden Künste“, IV. Bd., S. 102.

Die Gurten, welche z. B. bei einer dreischiffigen Kirche der Länge nach die Joche trennen und die Stelle der Schildmauern bei einschiffiger Anlage ersetzen, heißen Längengurten, Longitudinalrippen.

Die Linien, nach welchen die Leibungen der Gewölbekappen die Schildmauern treffen, nennt man Schildbogen, und wenn daselbst ein vortretender Bogen zwischen der Gewölbestirn und der Schildmauer angebracht ist, Schildbogenrippen, Wandrippen, Wandgurten.

Bei den zusammengesetzten Formen der Stern- und Netzgewölbe fällt eine Benennung der einzelnen Bogen in der Regel weg, und man bezeichnet wohl die sämtlichen Rippen oder Gräte als die Reihungen des Gewölbes. Doch sind auch Unterscheidungen möglich in Hauptrippen, Zwischenrippen oder Liernen, Scheitelrippen u. s. w. Das Werkstück, in dem zwei oder mehrere Rippen zusammentreffen oder sich kreuzen, ist der Schlußstein.

Fig. 751.



Werden die Kappen nicht nach Cylinderflächen, sondern nach sphärisch gekrümmten, also kuppelartig gebauchten Flächen gebildet, so sagt man, sie haben Busen (gebuste Kappen).

Das Kreuzgewölbe ist über dem Dreieck, Quadrat, Rechteck, über dem regelmäßigen und unregelmäßigen Vieleck, in gerader, steigender, ringförmiger und schneckenförmiger Gestalt ausführbar. Es kann ferner mit Schildmauern versehen sein und heißt dann geschlossenes Gewölbe im Gegensatz zum offenen, wenn solche fehlen. Wiederholt sich das Kreuzgewölbe, so werden die einzelnen Joche durch Gurten getrennt, Fig. 751 A, oder die aneinander anschließenden Kappen zweier Kreuzgewölbe sind durch Gurten nicht gesondert, Fig. 751 B; eine derartige Konstruktion läßt sich auch als Tonnengewölbe mit einschneidenden Stichkappen bezeichnen.

An die Stelle der halbkreisförmigen Bogenlinie des römischen Kreuzgewölbes trat im Mittelalter der Spitzbogen, der für das ausgebildete Kreuzgewölbe zum wahren Lebensprinzip geworden ist und uns in den zahlreichen Denkmälern des 13. bis 15. Jahrhunderts entgegentritt.

Die hauptsächlichsten Formen des Kreuzgewölbes sind die folgenden:[1])

1. Kreuzgewölbe mit horizontalem, geradem Scheitel (römisches Kreuzgewölbe) und gleich hohen Wandbogen.

Das einfachste und schönste Kreuzgewölbe ist über dem Quadrat herzustellen, wobei gleiche Schildbogen vorkommen, die Gräte, oder wenn solche vortreten, die Kreuzrippen sich rechtwinkelig schneiden und die Winkel halbieren, welche die umschließenden Gurten miteinander bilden, Fig. 751 A. Dabei sind die Gräte ein Resultat der angenommenen Bogenlinie des Gewölbes bei horizontalen Scheitellinien und können durch die Methode der Vergatterung, Fig. 482, leicht bestimmt werden. Ist der Grundriß ein Rechteck, so werden die Schildbogen über den kleineren Seiten halbkreisförmig angenommen, woraus sich bei wagerechten Scheitellinien die gedrückten Schildbogen der größeren Seiten, sowie die Gräte durch Vergatterung finden lassen. Die Horizontalprojektion der Gratlinien wird ein für allemal geradlinig angenommen, um Kurven von einfacher und nicht von doppelter Krümmung zu erhalten. Je mehr die Rechteckseiten differieren, um so unschöner wird das Gewölbe, weshalb man wenigstens ein rundbogiges Kreuzgewölbe nicht länger als die eineinhalbmalige Breite machen sollte. Beim dreieckigen Grundriß sucht man zunächst dessen Schwerpunkt, nach welchem die Gräte von den Ecken aus zu ziehen sind. Nimmt man hierauf wieder den Schildbogen über einer der drei Seiten an, so können daraus die übrigen Schildbogen und die Gräte bestimmt werden.

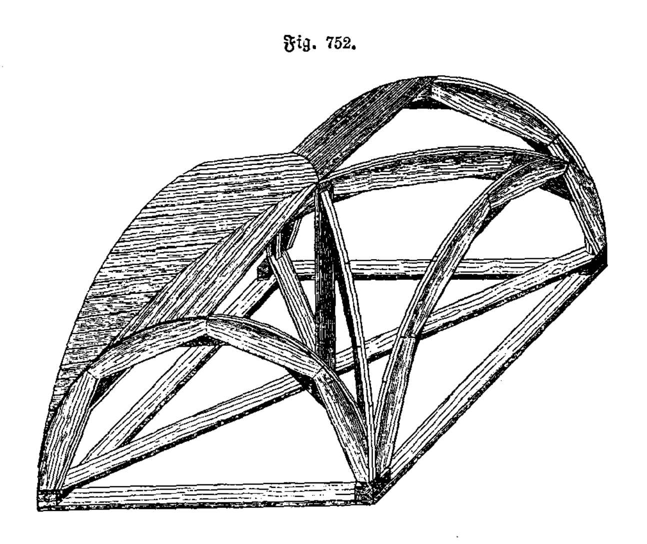
Die Anordnung eines Kreuzgewölbes über einem regelmäßigen Polygon unterliegt keiner Schwierigkeit, indem sowohl die Gräte gleiche Größe haben, als auch die Schildbogen oder die Stirnbogen, im Fall das Gewölbe ein offenes sein sollte.

Das unregelmäßige Polygon kann ebenfalls mit einem Kreuzgewölbe überspannt werden, indem man von dessen Schwerpunkt die Gratlinien nach den Ecken zieht, einen Schildbogen bestimmt, aus welchem sich wieder die übrigen Schildbogen nebst den Gräten leicht finden lassen.

1) Über die Entwickelung des Kreuzgewölbes verweisen wir auf die Abhandlung von Schäfer im Centralblatt der Bauverwaltung 1885, S. 300, und auf Ungewitter-Mohrmann, Lehrbuch der gotischen Konstruktionen, Leipzig 1890.

Die Ausführung der Kreuzgewölbe erfordert die Aufstellung von Lehrbogen, und zwar bei Kreuzgewölben ohne Gurten für die Schildbogen und Gräte, oder wenn Gurten vorkommen, bedürfen letztere sämtlich der Lehrbogen. Was dagegen die Schalung betrifft, so hängt diese von dem Gewölbematerial ab, und ist da unbedingt nötig, wo Bruch- oder Werksteine verwendet werden; dagegen ist es bei Backsteinen sogar wünschenswert, die Schalung fortzulassen, da das Gewölbe, namentlich in den Anfängern, weit besser aus freier Hand ausgeführt werden kann.

Fig. 752.



Beim Durchschnitt der Diagonalen bei rechteckigem Grundplan oder im Schwerpunkte des regelmäßigen oder des unregelmäßigen Polygons wird ein Pfosten, der sogenannte Mönch, aufgestellt, auf welchen sich die daselbst zusammentreffenden Lehrbogen stützen, wie dies schon bei der Einrüstung des Klostergewölbes erwähnt wurde; alles übrige wird ohne weitere Erläuterung aus Fig. 752 ersichtlich sein.

2. Kreuzgewölbe mit gleich hohen Wandbogen und gerade steigendem Scheitel.

Da sich der Gewölbescheitel nach der Ausschalung stets etwas setzt, so pflegt man die Scheitellinien der Kappen von den Stirnmauern aus etwas ansteigen zu lassen, und zwar nimmt man als Maß dieses Aufsteigens etwa $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ der diagonalen Spannweite, Fig. 753. Die Kappenflächen gehören somit steigenden Cylindern an und die diagonalen Bogenlinien werden nun nicht mehr wie bei dem römischen Kreuzgewölbe halbe Ellipsen, sondern elliptische Spitzbogen, deren Verzeichnung in einfacher Weise geschehen kann. Man beachte, daß z. B. die Kappe A B S entsteht, indem die Bogenlinie A′ C′ B′ (im Aufriß) parallel zu sich selbst auf der steigenden Achse vorrückt und die steigende Cylinderfläche beschreibt; diese Steigung sei in Mb gegeben. Schlägt man die Steigungslinie im Grundriß nach CS um, so wird, wenn der Bogen z. B. bis D vorgerückt ist, der Mittelpunkt um die Strecke x in die Höhe gerückt sein; macht man deshalb Mm = x, oder was dasselbe = oo, nachdem A′ b gezogen, schlägt mit dem Radius R des Wandbogens von m aus einen Kreis D′ 2′ und schneidet diesen mit der durch den Gratpunkt 2 gehenden Vertikalen, so erhält man dadurch einen Punkt 2′ des

Fig. 753.

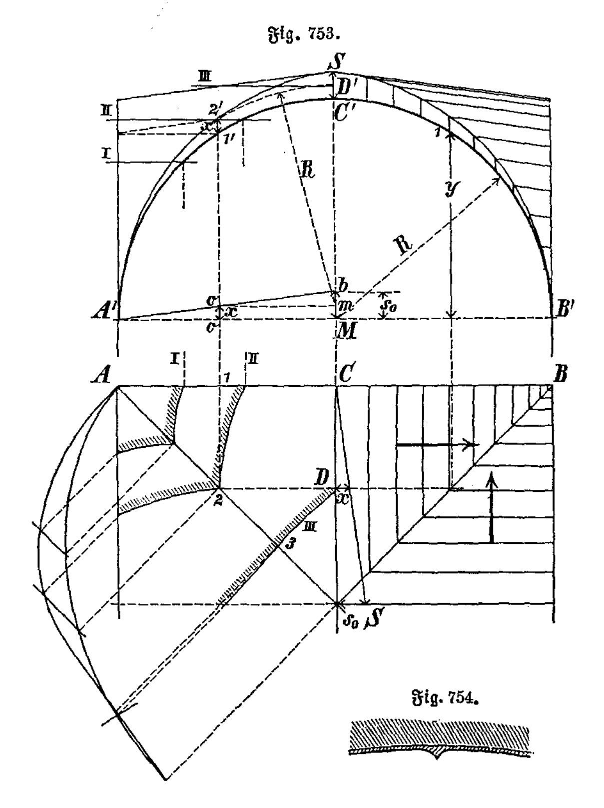


Fig. 754.

Gratbogens, den man hiernach in der Umklappung verzeichnen kann. Ein Blick auf die Figur zeigt sofort, daß 1′2′ = oo = Mm = x, denn Punkt 1 steigt bis 2 genau soviel, wie die Achse oder die Scheitellinie von C nach D, d. h. um x. Um somit im Aufriß die Projektion der diagonalen Bogenlinie zu erhalten, genügt es, die Steigungsmaße x = oo nach 1′2′ anzutragen, wonach bei genügender Anzahl Punkte die Gratlinie durch Umklappung in ihrer wirklichen Gestalt verzeichnet werden kann.

Diese wie die folgenden Konstruktionszeichnungen zeigen in dem rechts liegenden Teile lotrechte, und in dem links liegenden wagerechte Schnitte, aus denen die Schärfe des Grates und dessen allmählicher Verlauf gegen den Scheitel hin zu ersehen ist.

Bei der angenommenen Stechung s von ca. $^1/_{20}$ der diagonalen Spannweite ergiebt sich beim Horizontalschnitt III bereits kein erhabener Grat, sondern eine, wenn auch sehr geringe Einsenkung, eine „Kehle“, die bei zunehmender Stechung wächst und sich auf immer größere Längen der

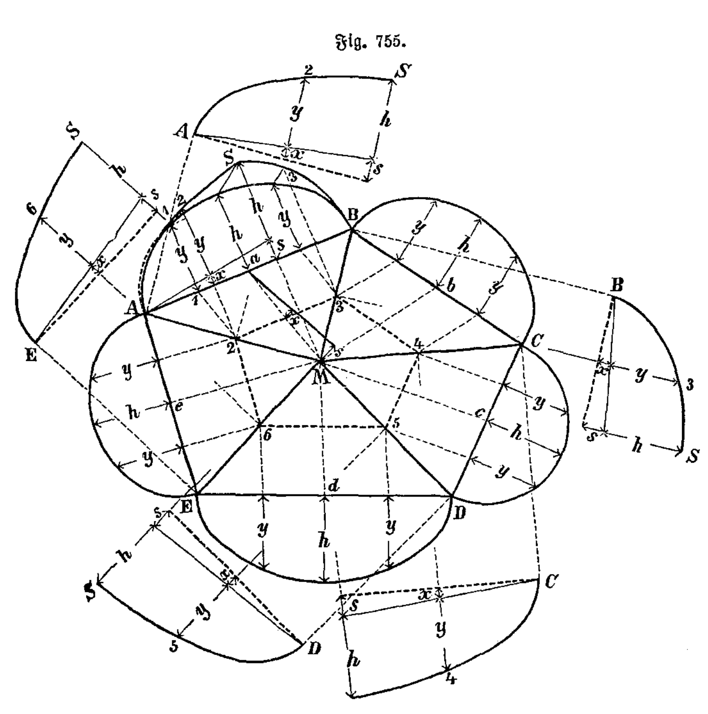
diagonalen Bogenlinie erstreckt. Dem Übelstande kann man dadurch begegnen, daß man die Stechung auf etwa $1/_{30}$ einschränkt und die Gräte gegen den Scheitel hin kräftiger herausputzt, Fig. 754.

Taf. 56 zeigt ein solches Kreuzgewölbe über quadratischem Raume; die Kappen sind $1/_2$ Stein in Schwalbenschwanz, und die Gräte, auf die sich der Kappendruck überträgt, 1 Stein stark gewölbt. (Wegen der genauen Verzeichnung der Schichten und der Form der Gratbogen siehe § 25.)

3. Kreuzgewölbe mit gleich hohen Wandbogen und gerader Stechung über unregelmäßigen beliebig gestalteten Räumen.

In der ad 2 besprochenen Weise kann das Kreuzgewölbe auch über unregelmäßigen Räumen ausgeführt werden, Fig. 755. Man nehme über der kleinsten Seite c einen Halbkreis an, verzeichne über den übrigen Seiten

Fig. 755.



durch Vergatterung die elliptischen Bogenlinien mit derselben Scheitelordinate h, bestimme den Schwerpunkt M, in dem die Horizontalprojektionen der Gratlinien zusammenlaufen, und das Maß s der Stechung, das man wieder in der Horizontalprojektion über irgend einer Kappenmittellinie a M umklappt. Der Wandbogen über a gleitet parallel zu sich selbst über die steigende Achse fort und ist z. B. in der Stellung 2—3 um die Strecke x höher gerückt, d. h. Punkt 2 liegt um x über Punkt 1, wenn Linie 1—2 parallel a M. Bezeichnen wir die Ordinatenhöhe des Punktes 1 mit y, so beträgt mithin die Ordinatenhöhe des Punktes 2 = x + y, wodurch dieser Punkt in der Vertikalprojektion wie in der Umklappung des Bogens A M bestimmt ist. Zieht man den Linienzug 2, 3, 4, 5, 6, 2, parallel A B C D E A, so müssen diese sämtlichen Punkte 3—6 gleich hoch mit 2 liegen. Trägt man somit in allen Umklappungen der Diagonalbogen das Maß der Stechung s über den Grundlinien an, so können durch Abtragen der Ordinate y auf den entsprechenden Projektionslinien die Punkte 2—6 und so noch eine beliebige Anzahl weiterer Punkte ermittelt und die Diagonalbogenlinien gezeichnet werden.

Ein solches Gewölbe ist auf Taf. 57 in der Rückenaufsicht und einem Durchschnitt dargestellt; die Kappen sind $1/_2$ Stein stark auf Schwalbenschwanz zwischen verstärkten Gratbogen eingewölbt.

4. Kreuzgewölbe mit ungleich hohen Wandbogen und gebusten Kappen.

Bei rechteckigen und überhaupt unregelmäßigen Polygonen ergeben sich nach den bisher besprochenen Konstruktionen elliptische Wandbogen, die recht unbequem und häufig aus formalen Gründen nicht erwünscht sind. Behält man aber halbkreisförmige Wandbogen bei, Fig. 756, so tritt in der schmalen Kappe eine bedeutende, das früher angegebene Maximalmaß mehr oder weniger überschreitende Stechung ein, infolgedessen der vorspringende Grat rasch verschwindet und gegen den Scheitel hin einer tiefen Kehle Platz macht. Wie der Querschnitt zeigt, liegt die gerade steigende Scheitellinie der schmalen Kappe gegen den Scheitel hin unter der in der angegebenen Weise konstruierten Gratlinie, so daß die Kappe muldenartig herabzuhängen scheint, wie dies die isometrische Ansicht zeigt, was aber häßlich und konstruktiv bedenklich ist. Diese Mulde muß beseitigt werden, was am besten dadurch geschieht, daß man statt des geraden Stiches einen Bogenstich annimmt, d. h. statt des cylindrischen eine Kappe mit Busen verwendet, was technisch ohne weiteres zulässig ist, sobald der Gratbogen, der von jeder bogenförmig gestalteten Kappenschicht einen Seitendruck aufzunehmen hat, als tragender Bogen mit oder ohne Verband mit den Kappenschichten ausgeführt wird.

Fig. 756.

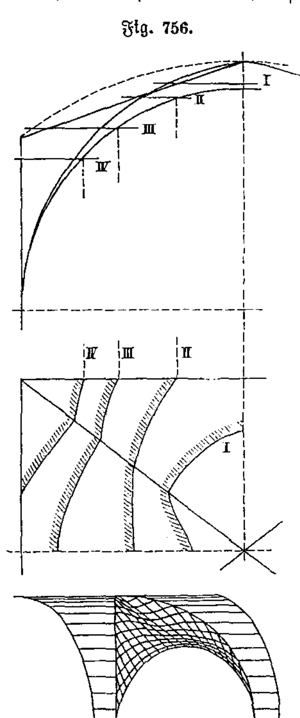
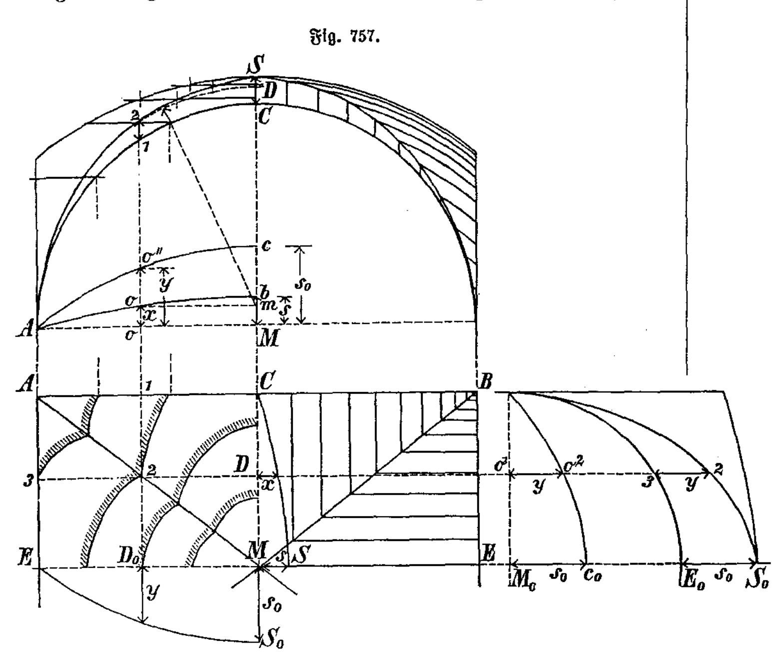


Fig. 757 zeigt ein solches Kreuzgewölbe, bei dem, wie die Horizontalschnitte zeigen, der vortretende Grat bis zum Scheitelpunkt vorhanden ist, und sich um so schärfer markieren wird, je mehr die Kappen gebust werden.

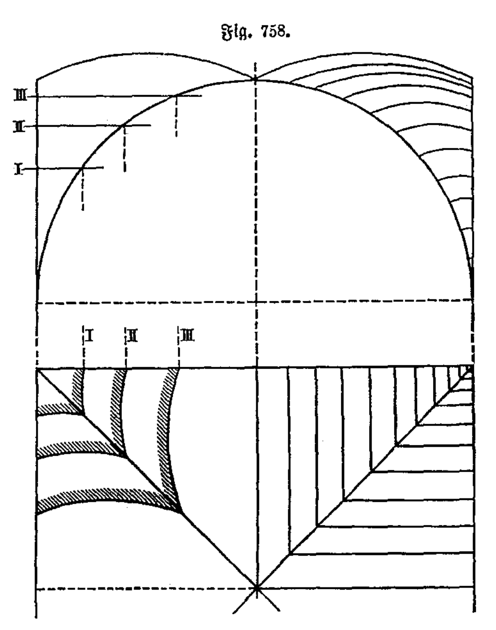
Die Verzeichnung der Gratlinien kann analog der bei gerade steigenden Kappen gegebenen Methode geschehen. Hiernach trägt man im Grundriß über C M den angenommenen Bogenstich C S an und überträgt ihn mit Vergatterung nach A o b. Der Wandbogen A C B gleitet parallel zu sich selbst über den „Bogenstich" und ist deshalb bei D um x höher gerückt, so daß Punkt 2 um dieses Maß x über dem Punkte 1 gelegen und hiernach bestimmt ist. Desgleichen wird in der schmalen Kappe A E Punkt 2 soweit über Punkt 3 liegen, wie Scheitelpunkt D_0 über E. Die Höhe 2—3 = y kann aber ohne weiteres im Querschnitt C M abgelesen werden als die Differenz der Ordinatenhöhen der Punkte 2 und 3, womit die Höhenlage des Punktes D_0 und daher auch die Scheitellinie über E D_0 M = E S_0 ermittelt ist und das Gewölbe in allen Teilen gezeichnet werden kann. Nach dieser Konstruktion wäre die Scheitellinie einer Kappe anzunehmen, daraus die Gratlinie und aus dieser die Scheitellinie der anderen Kappe zu ermitteln.

Fig. 757.



Beachtet man, daß, sobald die Cylinderform der Kappen aufgegeben ist, die Gratlinien A M und B M unabhängig von der Wandbogenlinie A C B werden, und daß es in dem dreieckigen Gewölbefeld A B M stets möglich ist, eine entsprechend gebuste Kappe einzuspannen, so leuchtet ein, daß die Gratlinien auch in anderer Weise gebildet werden können, wobei es im allgemeinen genügt, gleiches Verhältnis zwischen Spannweite und Pfeilhöhe bei beiden Scheitellinien über C M und E M zu wählen und die Kappenleibungsflächen alsdann in der Weise zu bilden, daß dasselbe Verhältnis in allen lotrechten zur Scheitellinie parallelen Schnitten beibehalten wird.

Fig. 758.



5. Kreuzgewölbe über regelmäßigen Räumen mit elliptischen Diagonalbogen und gebusten Kappen.

Werden die ad 4 besprochenen Kreuzgewölbe über regelmäßigen Polygonen ausgeführt, so können hier ebenfalls die Gratlinien mit Zugrundelegung des Bogenstiches ermittelt werden, es kann aber auch der Gewölbescheitel in gleicher Höhe mit den Scheiteln der Wandbogen angenommen, die Gratlinien als reine halbe Ellipsen verzeichnet und die Kappen mit einem beliebig zu wählenden Bogenstich dazwischen gespannt werden, Fig. 758. In diesem Fall treten die Gräte sehr scharf vor, wie die Horizontalschnitte I—III zeigen, was bei Bestimmung der Gratlinien mit Hilfe des Bogenscheitels wesentlich weniger der Fall sein würde.

Bei achteckigen Räumen sollte man die Scheitellinien stets ziemlich ansteigen lassen, um zu gedrückte Diagonalbogenlinien zu vermeiden. In Fig. 759 geben wir ein solches aus der dritten links liegenden Seitenkapelle von S. Maria del Popolo in Rom, das zugleich die Dekorationsweise der Renaissance veranschaulicht.

6. Kreuzgewölbe mit halbkreisförmigen Wandbogen und halbkreisförmigen Gratbogen, Fig. 760.

Die Möglichkeit, die Gratbogen unabhängig von den Wandbogen zu gestalten, veranlaßte schon frühzeitig — als es sich um Einwölbung der hohen Mittelschiffe der

Kirchen und möglichste Verringerung des Seitenschubes handelte —, den flachen, stark schiebenden und vielfach unbequemen elliptischen Gratbogen durch einen halbkreisförmigen zu ersetzen, wodurch ein Kreuzgewölbe entsteht,

Fig. 759.

dessen sämtliche Wand- und Diagonalbogenlinien einer gemeinsamen Kugel angehören (Kugelgewölbe). Zwischen diese im voraus bestimmten Bogenlinien spannen sich die Kappen ein, für deren Gestaltung drei verschiedene Möglichkeiten vorliegen.

a) Die Scheitellinie der Kappe bildet eine gerade steigende Linie, und die Kappenleibung entsteht, indem diese Linie sich über Grat- und Wandbogen so fortbewegt, daß sie in der Horizontalprojektion stets parallel zu sich selbst bleibt. In diesem Fall bildet sich kein Kreuzgewölbe der gewöhnlichen Art, da alle Horizontalschnitte, Fig. 760, keine vortretenden Gratkanten, sondern einspringende Kehlen ergeben (durch die Schnittlinien a dargestellt), und dieses Gewölbe als ein Mittelding zwischen Klostergewölbe und Kugelgewölbe erscheint. Die Gewölbeform ist unschön, läßt sich aber verbessern, indem man vortretende Rippen einlegt, um das kehlenförmige Zusammenschneiden der Kappen dem Auge unbemerkbar zu machen, Fig. 760 A. Gewölbe dieser Art finden sich zur Zeit des romanischen und des Übergangsstiles nicht ganz selten, werden aber heute nicht mehr ausgeführt.

b) Die Kappen liegen genau in der Kugelfläche — Fig. 760, Schnittlinien b —, so daß überhaupt kein Kreuzgewölbe, sondern ein Kugelgewölbe entsteht. Soll ein Grat ausgezeichnet werden, wie sich dies bei mittelalterlichen Bauten thatsächlich findet, so müssen entweder Diagonalbogen unterwölbt oder Gratlinien im Putz hergestellt werden, Fig. 754.

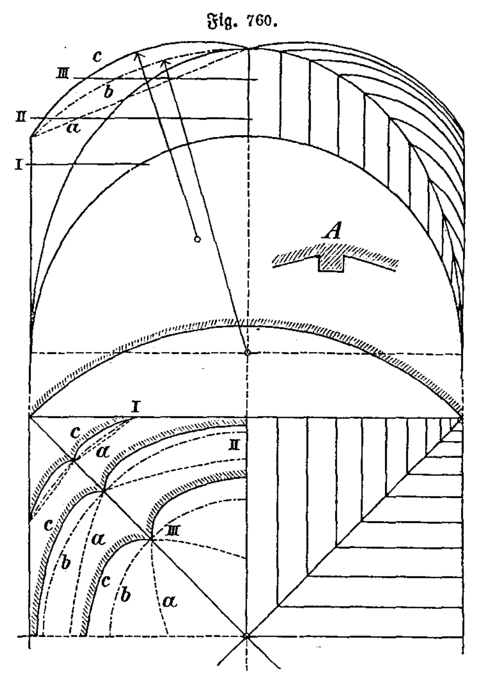
c) Will man deshalb bei halbkreisförmigen Grat- und Wandbogen ein wirkliches Kreuzgewölbe mit vortretenden Gräten erzielen, so müssen die Kappen so stark gebust werden, daß sie außerhalb der Kugelfläche liegen — Fig. 760 Schnittlinien c —; die Busung hat den doppelten Zweck, die Gratlinien vortreten zu lassen und die muldenartige Einsenkung am Kappenscheitel zu vermeiden.

Dies ist das gewöhnliche spätromanische Kreuzgewölbe, das auch über rechteckigem Grundriß mit ungleich hohen Wandbogen ausgeführt werden kann; doch darf die Differenz der Seiten nicht zu beträchtlich werden, weil sonst die kleine Kappe eine außerordentlich starke Steigung erhält.

7. Kreuzgewölbe mit halbkreisförmigem Wandbogen und unten abgestutztem Halbkreisbogen als Diagonalbogen, Fig. 761.

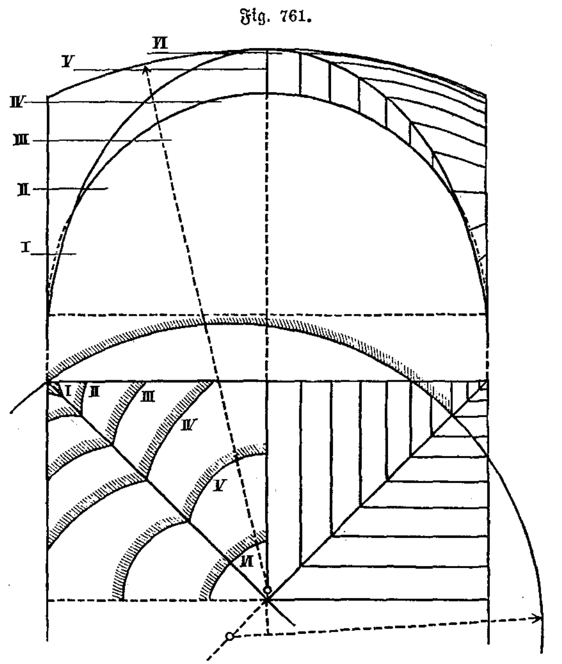
Dieses Gewölbe, das schon von den Römern, besonders aber von den Byzantinern vielfach verwendet

Fig. 760.



wurde und sich auch in der neueren Kunst in Italien findet, bildet ein Mittelding zwischen dem Kreuz- und dem Kugelgewölbe. Die Gräte treten in der Nähe des Kämpfers

Fig. 761.

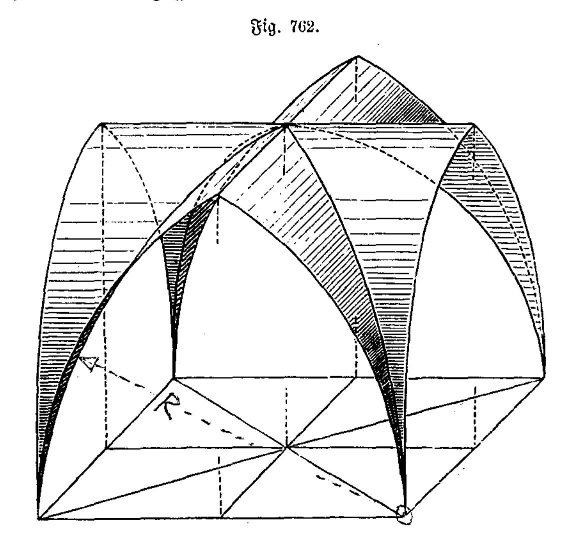


sehr scharf hervor, verflachen sich von da gegen den Scheitel immer mehr, um sich schließlich in der Höhlung einer kugelförmigen Fläche zu verlieren. Die Gratlinien steigen nicht mit senkrechter, sondern mit schräger Widerlagertangente auf und sind nach Halbkreisen gebildet, die unten abgestutzt sind, während die Scheitellinie zweier gegenüberliegenden Kappen aus einem Kreisbogen mit horizontaler Scheiteltangente besteht. Die Umbildung der sich hiernach ergebenden Leibungsflächen ist aus den eingezeichneten Horizontalschnitten deutlich erkennbar; die Gewölbeform eignet sich vorzüglich für dekorative Durchbildung.[1])

8. Kreuzgewölbe mit spitzbogenförmigem Wandbogen und halbkreisförmigem Diagonalbogen.

Sollen bei den Gewölben mit halbkreisförmigen Diagonalbogen die starken Scheitelsteigungen vermieden werden, so müssen die Wandbogen gehoben werden durch Überhöhung des Halbkreises, oder besser durch den günstigeren Spitzbogen, der zugleich den Vorteil eines geringeren Seitenschubes bietet. Liegen die Scheitel der Wandbogen gleich hoch mit dem Gewölbescheitel, so ist es möglich, ein richtiges Kreuzgewölbe mit vorspringenden Gräten ohne Busung der Kappen herzustellen, was wichtig ist, sobald die Kappen in Bruchsteinen auf Schalung ausgeführt werden, Fig. 762.

Fig. 762.



Dies ist das gewöhnliche „gotische Kreuzgewölbe" der Bruchsteinländer, das auf Schalung über einem Lehrgerüst ausgeführt wird und keinen Busen hat.

Wo die Kappen freihändig in Backstein hergestellt werden, empfiehlt sich die Annahme gebuster Kappen. Fig. 763 zeigt ein solches Gewölbe über oblongem Grundriß; der Diagonalbogen ist als Halbkreis angenommen, die Wandbogen sind Spitzbogen, die mit demselben Halbmesser wie der Diagonalbogen geschlagen sind, wodurch zwar die

1) Siehe Camera della Segnatura im Vatikan mit den Malereien Raffaels.

Scheitel verschieden hoch zu liegen kommen, was jedoch keine Schwierigkeit mit sich bringt, aber andererseits den großen Vorzug hat, daß alle Bogen dieselbe Form er-

Fig. 763.

halten; der Gewölbeanfang gestaltet sich ganz regelmäßig, was dessen Ausführung wesentlich erleichtert, besonders wenn reich profilierte Rippen zusammenschneiden. Die Scheitellinien der Kappen, die mehr oder weniger stark ausgebaucht sein können, erhalten einerlei Verhältnis zwischen Spannweite und Pfeilhöhe; die Kappen sind in ihren Leibungsflächen dann dadurch bestimmt, daß in allen lotrechten und zu den Achsen parallelen Schnitten dasselbe Verhältnis zwischen Pfeilhöhe und Spannweite beibehalten wird. Die Horizontalschnitte zeigen deutlich die nach dem Scheitel hin zunehmende Schärfe des Grates. Ein Beispiel giebt Fig. 764 aus der Kirche von Ferrières (Seine-et-Marne).[1]

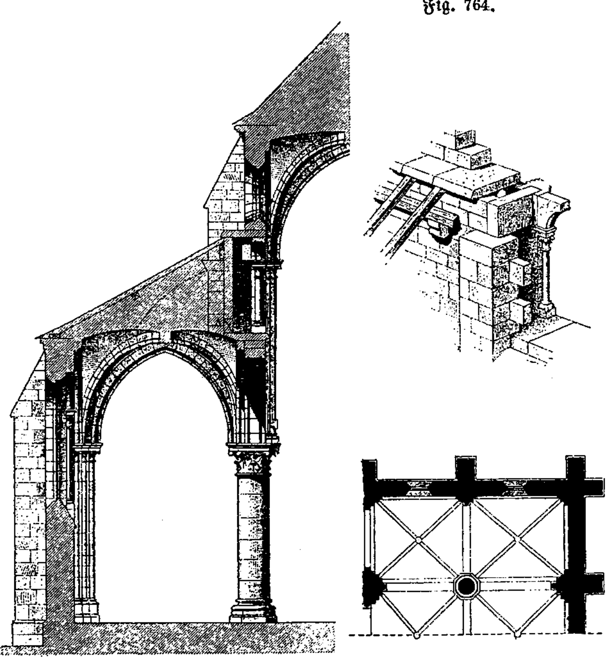
9. Kreuzgewölbe mit spitzbogigen Diagonal- und Wandbogen, Fig. 765.

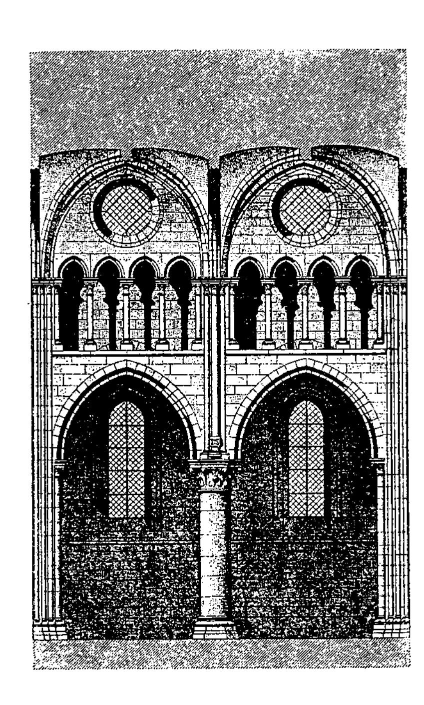
Der allgemeinen Verwendung der ad 8 angenommenen Bogenlinien stellen sich häufig Schwierigkeiten entgegen, da durch sie die Scheitelhöhen der Wandbogen fest bestimmt sind, aber insbesondere bei lang gestreckten Rechtecken die über den kurzen Seiten geschlagenen Bogen eine übermäßig spitze lanzettartige Form erhalten, die unschön ist und häufig auch zu konstruktiven Bedenken Veranlassung geben kann.[2]

Bei entschieden oblongen Rechtecken sieht man deshalb von der Gleichheit der Halbmesser ab und gestaltet die einzelnen Bogenlinien je nach den gegebenen Verhältnissen und Forderungen. Die Unabhängigkeit der einzelnen Bogen voneinander gestattet, auch den Diagonalbogen spitzbogig anzunehmen, und ist in Fig. 765 ein solches Kreuzgewölbe dargestellt, bei dem der Gewölbescheitel gleich hoch mit den Scheiteln der großen Wandbogen liegt.

Auf Taf. 58 geben wir ein Beispiel eines solchen Gewölbes, das der von Eisenlohr erbauten Kapelle auf dem alten Friedhofe in Karlsruhe angehört, und zwar in Fig. 1 den Grundriß eines Gewölbejoches mit der umgeklappten Form

Fig. 764.





1) Nach Baudot, Eglises de Bourgs et Villages. Paris 1867.
2) Ungewitter-Mohrmann, a. a. O., I. Bd., S. 25.

der Kreuzrippen; in Fig. 2 den Querdurchschnitt, halb durch das Fenster, halb durch den Strebepfeiler geschnitten gedacht; in Fig. 3 den Längenschnitt, in Fig. 5 die vordere und die Seitenansicht eines Kämpfers nebst seinem unteren und oberen Lager in Fig. 4, und endlich in Fig. 6 die untere Ansicht des durchbrochenen massiven Schlußsteins mit den vier Ansätzen für die Kreuzrippen nebst einem Durchschnitt durch den Schlußstein am Ansatz der Kreuzrippe und einem solchen am Anschluß der Kappen.

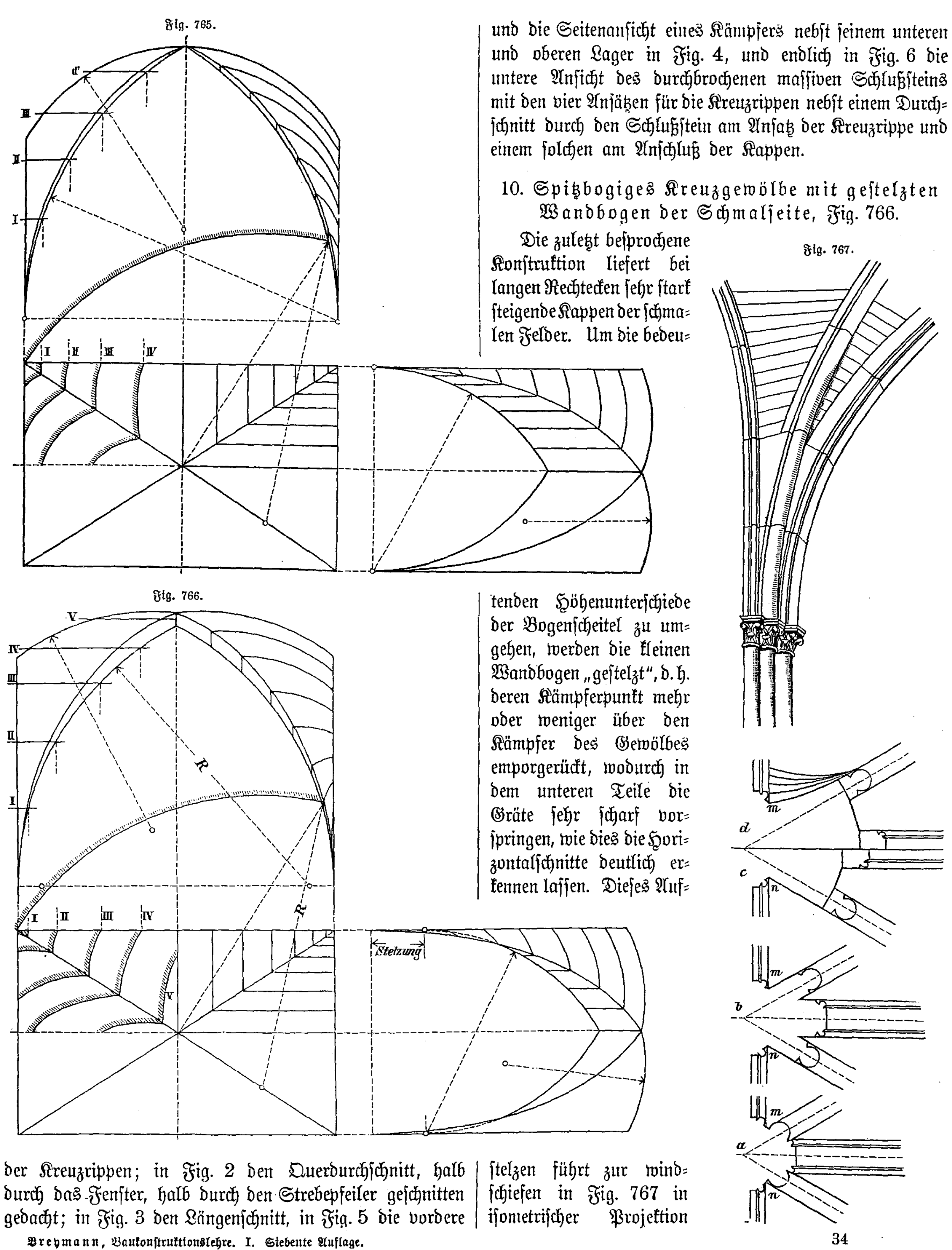


Fig. 765.

Fig. 766.

Fig. 767.

10. Spitzbogiges Kreuzgewölbe mit gestelzten Wandbogen der Schmalseite, Fig. 766.

Die zuletzt besprochene Konstruktion liefert bei langen Rechtecken sehr stark steigende Kappen der schmalen Felder. Um die bedeutenden Höhenunterschiede der Bogenscheitel zu umgehen, werden die kleinen Wandbogen „gestelzt", d. h. deren Kämpferpunkt mehr oder weniger über den Kämpfer des Gewölbes emporgerückt, wodurch in dem unteren Teile die Gräte sehr scharf vorspringen, wie dies die Horizontalschnitte deutlich erkennen lassen. Dieses Aufstelzen führt zur windschiefen in Fig. 767 in isometrischer Projektion

und in 4 Grundrissen dargestellten Gestaltung des Kappenanfanges.¹) Die Stelzung reicht oft bis zu einer Höhe, in der die übrigen Bogen, die mit gleichen oder verschiedenen Radien geschlagen sein können, sich schon weit voneinander getrennt haben, so daß nacheinander die Grundrisse a bis d entstehen. Bezeichnend für diese Gewölbeentwickelung ist der schwache Zusammenhang zwischen dem Anfange und der Mauer, der sich in der Höhe der Stelzung auf dasselbe Maß m n beschränkt, weshalb hier auf eine sehr feste solide Konstruktion Bedacht zu nehmen ist.

11. Spitzbogiges Kreuzgewölbe mit einseitig steigendem und einseitig fallendem Kappenscheitel, Fig. 768.

Welche Vielseitigkeit die Gestaltung des Kreuzgewölbes zuläßt, zeigt die in Fig. 768 dargestellte Konstruktion, bei der zur Vermeidung der beträchtlichen Höhenunterschiede

Fig. 768.

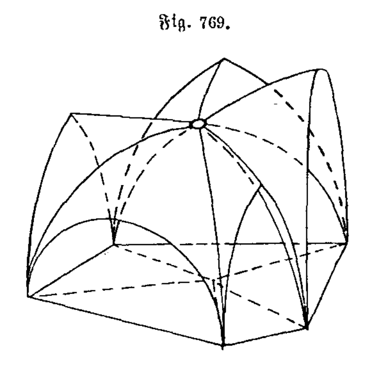
der Gewölbscheitel unter den höheren Bogenscheitel gelegt und kein Gebrauch von der Stelzung gemacht wurde. Die Scheitelhöhen der Wandbogen werden je nach den gegebenen Verhältnissen angenommen und hierauf die Lage des Gewölbscheitels gewählt, so daß jetzt die Wand- und die Diagonalbogen als Spitzbogen mit verschiedenen Radien gezeichnet werden können. Um aber den schon früher erwähnten Vorteil auszunutzen, der sich für die Herstellung der Bogenanfänger bei gleichen Radien ergibt, kann man die Bogenschenkel aus je 2 Bogenstücken zusammensetzen, derart, daß die unteren denselben Halbmesser R erhalten, wie dies in Fig. 768 angenommen ist.

Gegeben sind die beiden Wandbogenscheitel S und S¹; gewählt wird hiernach der zwischen beiden liegende Gewölbscheitel S². Man bestimme jetzt den Radius R für den kleinen Wandbogen D S, dessen Mittelpunkt in der Figur in A liegt, und ziehe sowohl auf dem großen Wandbogen aus m, wie auf dem Diagonalbogen aus n mit dem Halbmesser R die unteren Bogenstücke A H, deren Höhe so zu bemessen ist, daß sich von H aus die Rippen vollständig trennen, während sie unterhalb H zusammenschneiden. Die Mittelpunkte für die oberen Teile ergeben sich nunmehr in P für den Wandbogen und in Q für den Diagonalbogen. Die Busung der Kappen ist in der bekannten Weise zu entwickeln und ist deren Gestaltung aus den Horizontal- und Vertikalschnitten ersichtlich.

Es ist selbstverständlich, daß diese Art der Verzeichnung der Bogenlinien auch auf die übrigen Kreuzgewölbekonstruktionen übertragen werden kann.¹)

Solche fallende und steigende Kappen können je nach der Raumgestaltung und den Anforderungen an die Form und Höhe der Schild- oder Gurtbogen beliebig angeordnet werden, da die Kappen in Form und Gestaltung der Leibungsflächen völlig unabhängig voneinander sind. Fig. 769 möge diese Vielgestaltigkeit veranschaulichen.

Fig. 769.



12. Kreuzgewölbe mit Kugelkappen, Fig. 770.

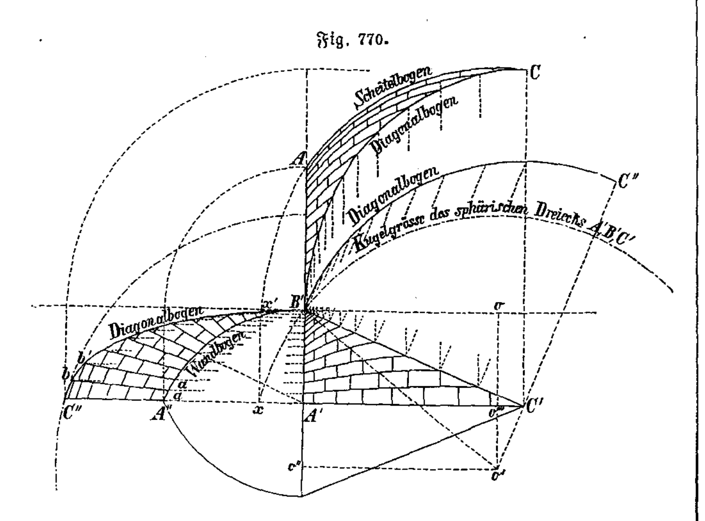
Gegeben sei von dem Gewölbefeld A′ B′ C′ nach einer der mitgeteilten Konstruktionen der Wandbogen B′ A″ aus dem Mittelpunkte o″ und der Diagonalbogen B′ C″ aus dem Mittelpunkte C′ im Schnittpunkte der Diagonalen.

1) Ungewitter-Mohrmann, a. a. O., Taf. XXVI.

1) Wenn auch bei gleichen Radien die Ausführung der Anfänger vereinfacht wird, so ist doch nicht zu verkennen, daß diese Anordnung eine gewisse Einförmigkeit mit sich bringt und die Wirkung des Rippensystems leidet; vielfach sieht man deshalb von der Annahme gleicher Radien ab und behält für die verschiedenen Bogen die verschiedenen Radien bei, so daß jeder Bogen nur je aus einem Mittelpunkte geschlagen wird.

Soll die Gewölbekappe einer reinen Kugelfläche angehören, so ist deren Mittelpunkt o′ zu ermitteln als Schnittpunkt der beiden Lote, die in den Mittelpunkten C′ und o″ jeweils normal auf die Kugelschnitte, d. h. auf die Ebenen B′C′ und B′o″ errichtet werden; der mit o′B′ geschlagene Kreis ergiebt somit die Kugelgröße, der die Kappe A′B′C′

Fig. 770.



angehört, wonach auch die Scheitellinie A C mit dem Halbmesser o x′ = o‴ x bestimmt ist. In derselben Weise ist das andere Kappenfeld zu ermitteln. Ein solches ganz in Werksteinen ausgeführtes Gewölbe zeigt Taf. 59;[1]) die Lagerebenen der Werksteinschichten bilden centrale durch die Kappenachse A′ C′, Fig. 770, gehende Ebenen, die den Wandbogen B′ A″ in gleiche Teile teilen; die Kanten a b, a′ b′ u. s. w. sind sämtlich Kugelschnitte und können hiernach leicht in der Horizontal- und der Vertikalprojektion verzeichnet werden. Die Länge der Steine ist auf dem Scheitelbogen A C einzuteilen, wonach sich die zum Wandbogen parallelen Stoßfugen ergeben.

13. Sechsteiliges Kreuzgewölbe.

Im 12. und 13. Jahrhundert finden sich in normännischen und nordfranzösischen Bauten, sowie in Deutschland im Dom zu Limburg, im Kloster zu Maulbronn und an vielen anderen Orten sechsteilige Kreuzgewölbe über quadratischem Grundriß, wovon Fig. 771 aus dem spätromanischen Kreuzgange[2]) des Klosters in Maulbronn ein anschauliches Bild giebt. Es unterscheidet sich von den gewöhnlichen Kreuzgewölben dadurch, daß zu den beiden Diagonalbogen c b und d b, Fig. 772, noch ein dritter Gratbogen a b hinzutritt, der sein Auflager auf dem Zwischenpfeiler a findet.

1) Nach C. Daly, Revue générale d'Architecture.

2) Nach Dollinger, Reiseskizzen.

Das Gewölbe ist im Grundriß und einem Schnitte auf Taf. 60 dargestellt. Im Grundriß Fig. 1, Taf. 60, ist der halbkreisförmige Diagonalbogen A, der Quergurt-

Fig. 771.

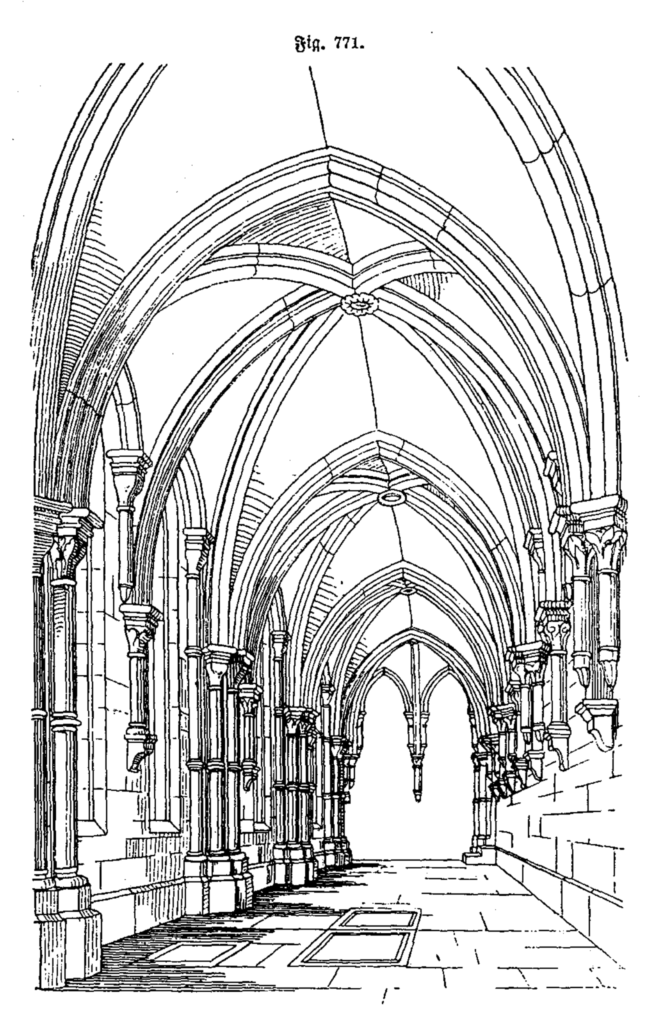
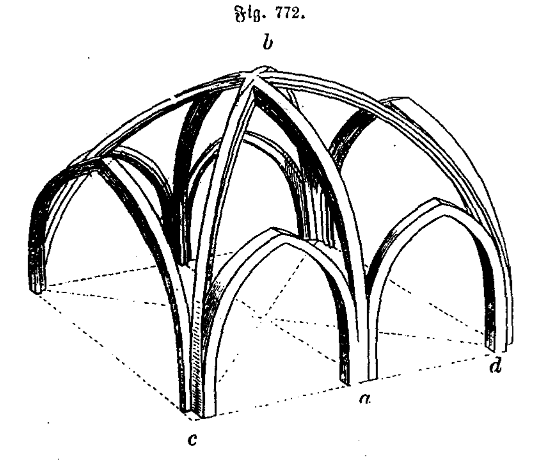


Fig. 772.

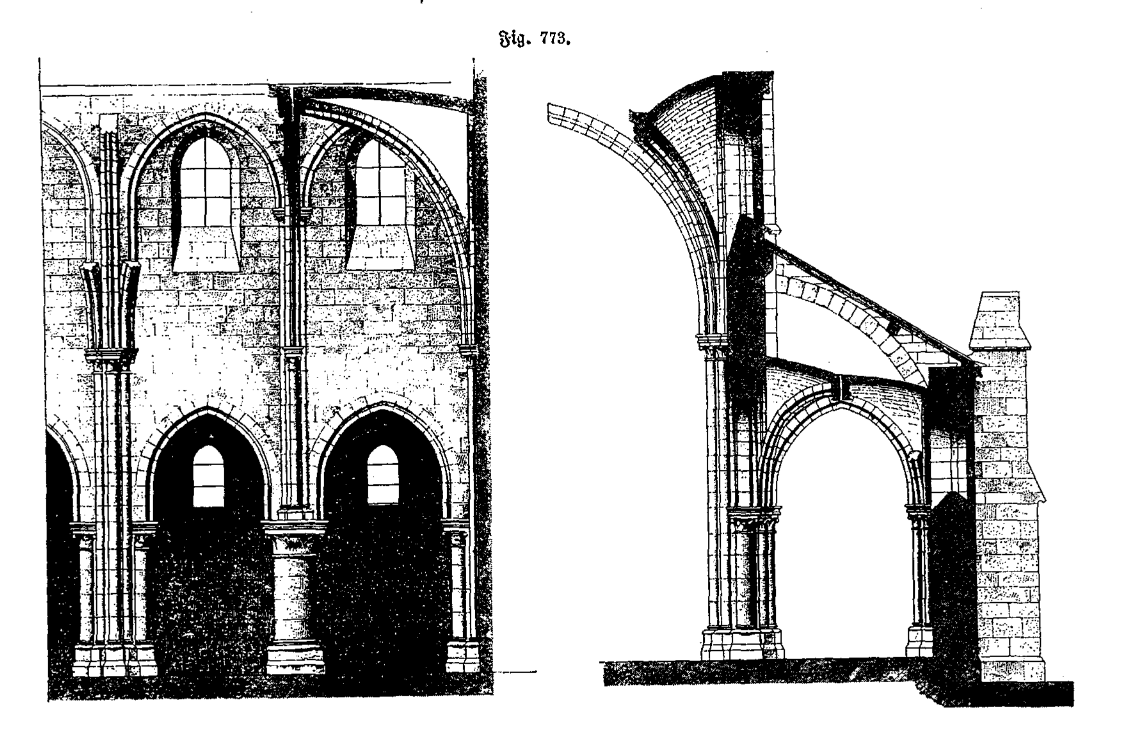


bogen B, sowie der die Diagonalgurten durchdringende Gurtbogen C verzeichnet mit der Projektion der Schlußsteinwiderlager für die Diagonalgurten, während die stark

gestelzten Schildbogen E aus dem Durchschnitt, Fig. 2, zu entnehmen sind. Die großen Gewölbekappen beginnen in der Höhe von a b, Fig. 2; dagegen setzen sich die kleinen auf der Kapitellplatte f g auf. Die Gurten sind aus Werkstücken, die Gewölbefelder aus Bruchsteinen 18 cm stark hergestellt.

Diese Gewölbe verdanken ihre Entstehung der normalen Einwölbung der romanischen Basilika, bei welcher einem quadraten Gewölbejoch des Mittelschiffes je zwei Gewölbejoche von derselben Grundform der Seitenschiffe entsprechen. Um nämlich die Zwischenpfeiler bei a, Fig. 772, ähnlich den Hauptpfeilern c und d, welche die Quergurten tragen, durchbilden zu können, wurde das Kreuzgewölbe durch die Quergurte geteilt und anstatt eines Schildbogens von der Weite c d zwei sehr stark gestelzte Schildbogen in Spitzbogenform über a c und a d angeordnet. Infolge dieser hohen Aufstelzung der beiden an dem Teilgrat zusammentreffenden Schildbogen setzt sich unten hinter diese eine senkrechte Wand, die erst weiter oben in die Kappenwölbung übergeht.

Fig. 773.



Ein anderes hübsches Gewölbe dieser Art zeigt Fig. 773, die einen Teil des Längen- und Querschnittes der aus dem 13. Jahrhundert stammenden Kirche zu Angicourt (Oise) darstellt.[1])

Werden die beiden anderen Kappen in derselben Weise durch Mittelrippen geteilt, Fig. 744, so entsteht ein achtteiliges Kreuzgewölbe, dessen Verzeichnung mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist. Ein derartiges Gewölbe findet sich z. B. über der Vierung in „Notre Dame“ in Laon.[2])

Eine eigenartige Ausbildung dieser achtteiligen Gewölbe zeigt die Decke der Galerie des Schlosses la Rochefoucauld in Frankreich, Fig. 776, aus der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts; Gurten und Rippen zeigen durchgehends den sehr gedrückten Bogen, so daß die Kappenfelder verschwinden und einer ebenen Decke Platz machen. Die Konstruktion ist von außerordentlich reicher monumentaler Wirkung und zeigt, in wie verschiedener Weise die rippengeteilten Decken ausgebildet werden können.

Werden die Fußpunkte der Zwischengurten wieder unter sich durch Rippen verbunden, Fig. 775, so entsteht eine Gewölbeform, die Ähnlichkeit gewinnt mit einem Klostergewölbe mit einschneidenden Schilden und gebusten Kappenflächen; ein schönes derartiges Beispiel bildet das Vierungsgewölbe der Liebfrauenkirche in Trier.

Fig. 774.

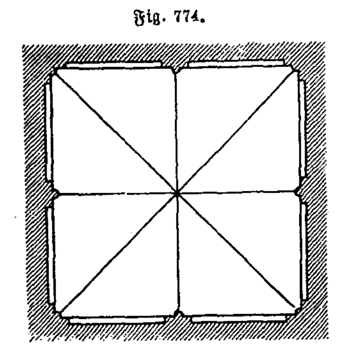
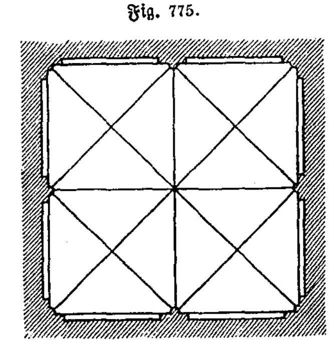


Fig. 775.



Eine noch weiter gehende Teilung entsteht, wenn man die Kappe des Kreuzgewölbes statt durch eine durch zwei Rippen teilt, so daß aus einem Kappenfeld drei neue entstehen (Spinnengewölbe; die Pfarrkirche in Boppard zeigt sogar vierfache Kappenteilung).[1]) Die Teilung kann

1) Nach Baudot, Eglises de Bourgs et Villages. Paris 1867.

2) Siehe Monuments historiques, I. Bd., Blatt 49.

1) Bock, Rheinlands Baudenkmale des Mittelalters.

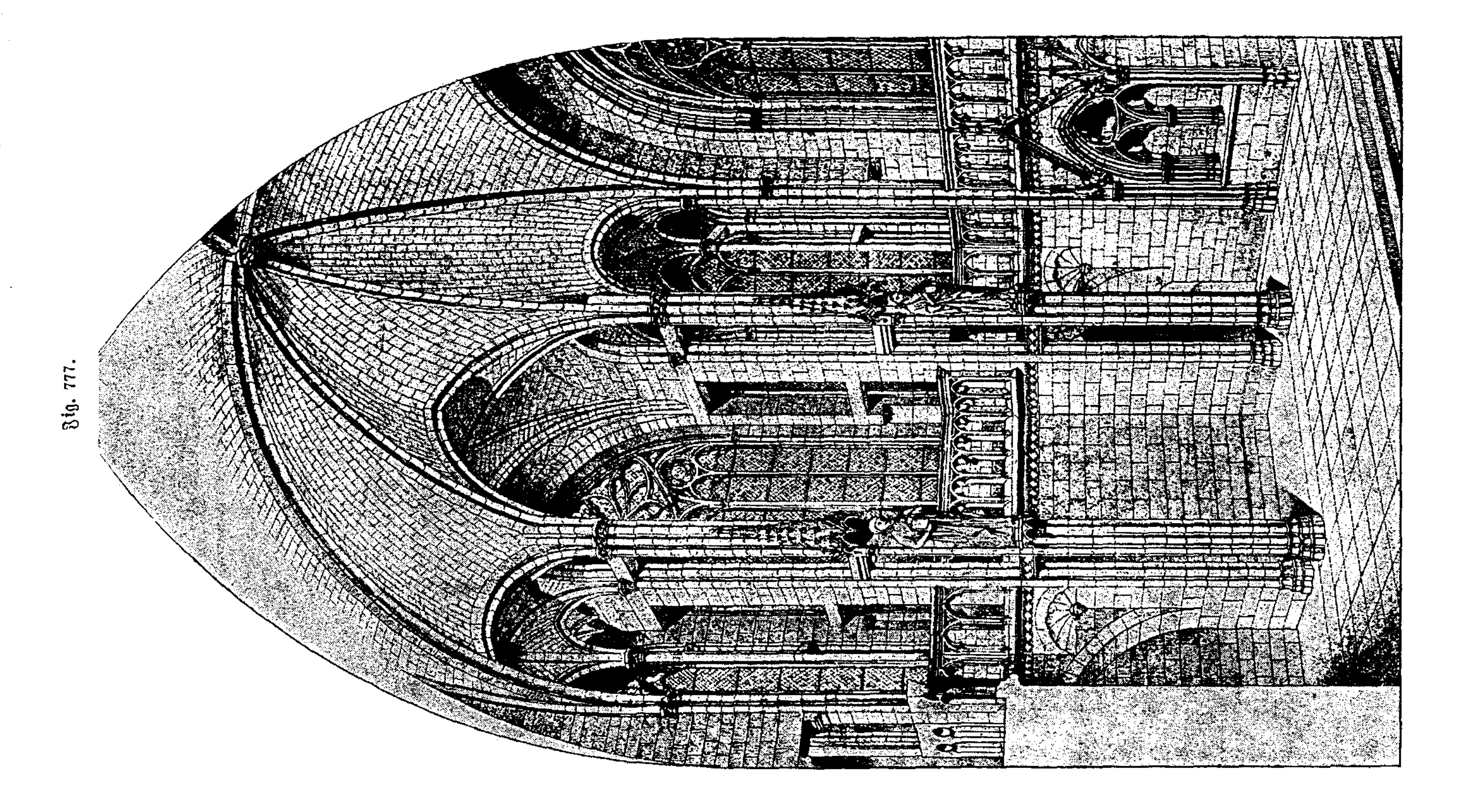


Fig. 777.

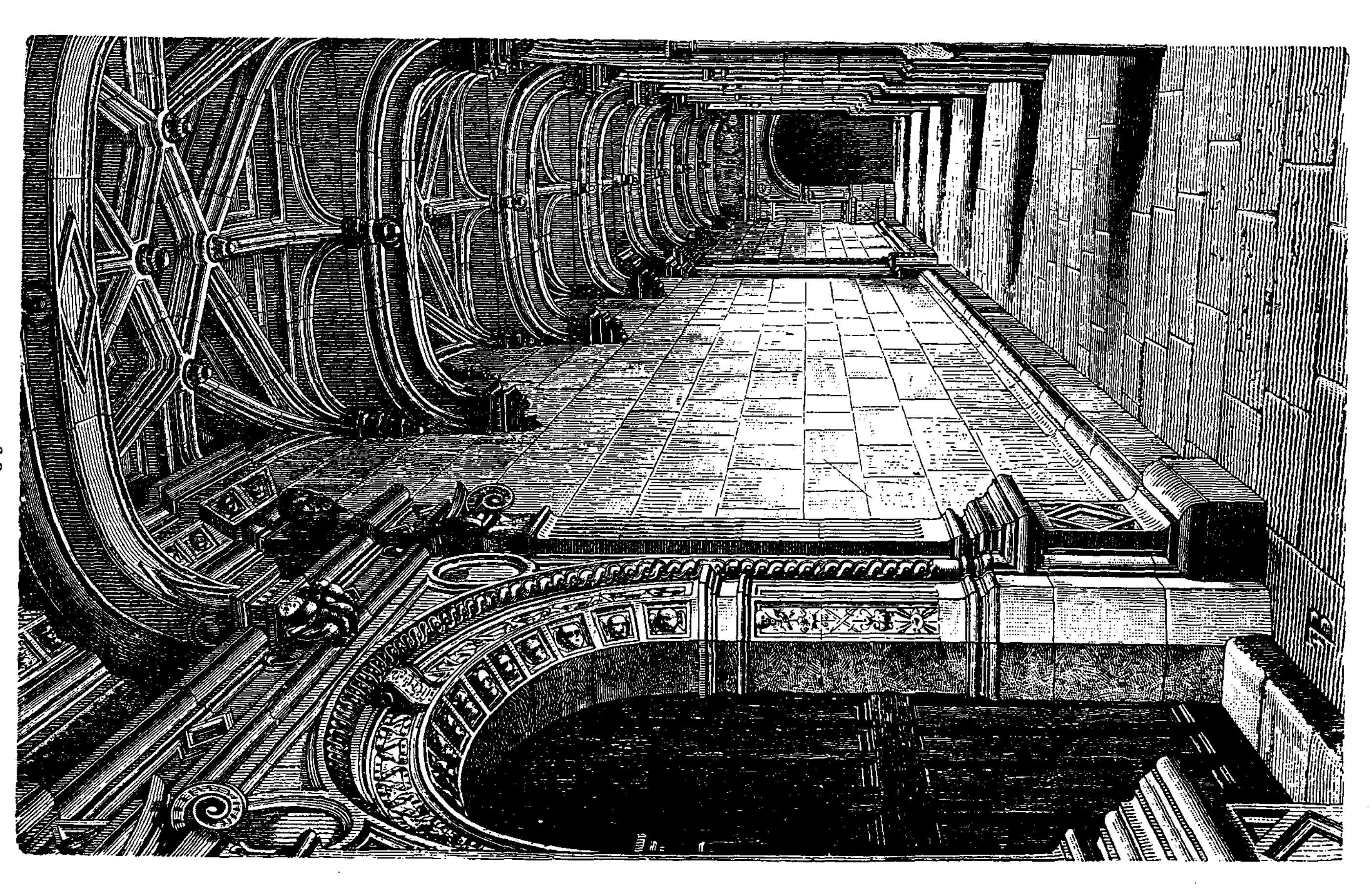


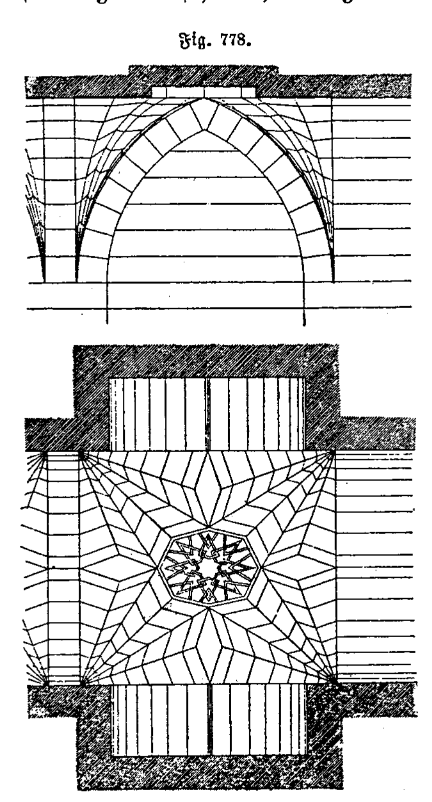
Fig. 776.

aber auch auf **eine** Kappe des Gewölbes beschränkt bleiben, wie sich dies bei Chorgewölben findet. Als Beispiel geben wir in Fig. 777 eine Innenansicht des Chorgewölbes der Kirche in Tour, aus der die Anordnung klar zu ersehen ist

14. Besondere Formen des Kreuzgewölbes.

In der Baukunst des Islam[1]) finden sich alle Gewölbeformen, die den Römern, Byzantinern, Persern (Sassaniden) bekannt waren; die Wölblinie ist bald halbkreisförmig, bald nimmt sie alle Abstufungen des Spitzbogens und Kielbogens oder die Hufeisen- und Zwiebelform an. Das Kreuzgewölbe hat hier nun bei Quaderausführungen eine eigenartige Umgestaltung erfahren durch die achteckige Form des Schlußsteins, dem entsprechend die Wölbflächen gebrochen und die Kappen in zwei bezw. drei Felder zerlegt wurden. Interessante Beispiele bieten die Kreuzgewölbe in der Okella Kait-Bai zu Kairo, Fig. 778 und in der Moschee zu Ephesus, Fig. 779, die diese eigentümliche Gestaltung veranschaulichen mögen.

Fig. 778.



Bei Kreuzgewölben in ringförmigen Räumen, wie z. B. bei Chorumgängen u. dergl., kann die Anordnung entweder so getroffen werden, daß teilende Gurtbogen fehlen, Fig. 780, wobei es sich um ein ringförmiges Tonnengewölbe mit einschneidenden Schilden handelt, oder es wird das ringförmige Gewölbe durch Gurtbogen in einzelne Felder zerlegt. Dabei erhalten die Gurtbogen entweder keilförmige Gestalt, Fig. 781, oder sie werden verdoppelt, gleich breit gemacht

Fig. 779.

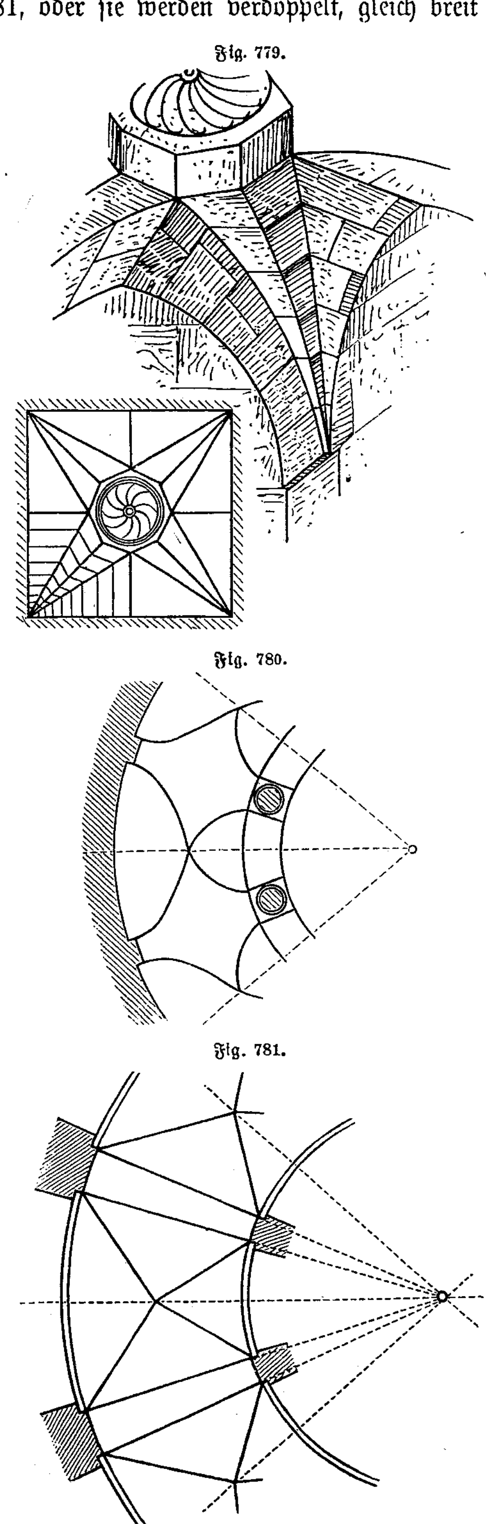


Fig. 780.

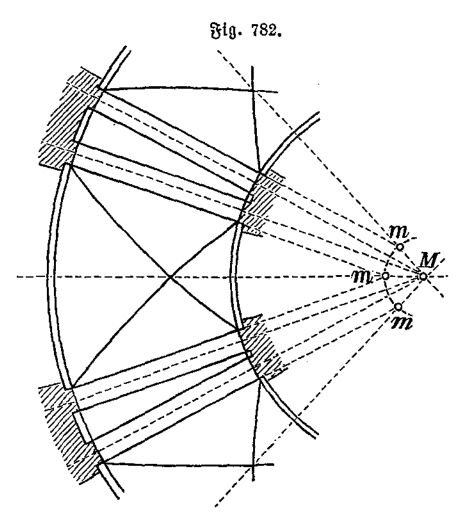
Fig. 781.

und jeder Bogen central gerichtet, so daß sie zur Ausgleichung ein keilförmiges Tonnenstück zwischen sich einschließen, Fig. 782.

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, III. Bd., 2. Hälfte, S. 42.

Für die Bildung des Kreuzgewölbes wird nun entweder nach Fig. 781 der Schwerpunkt der Grundfigur bestimmt und von diesem die Gratlinien nach den Ecken gezogen, oder es wird das Gewölbe gebildet aus der Durchdringung des ringförmigen Tonnengewölbes mit einem

Fig. 782.



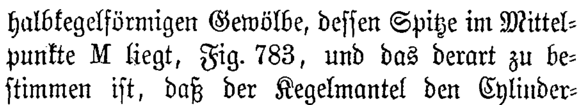
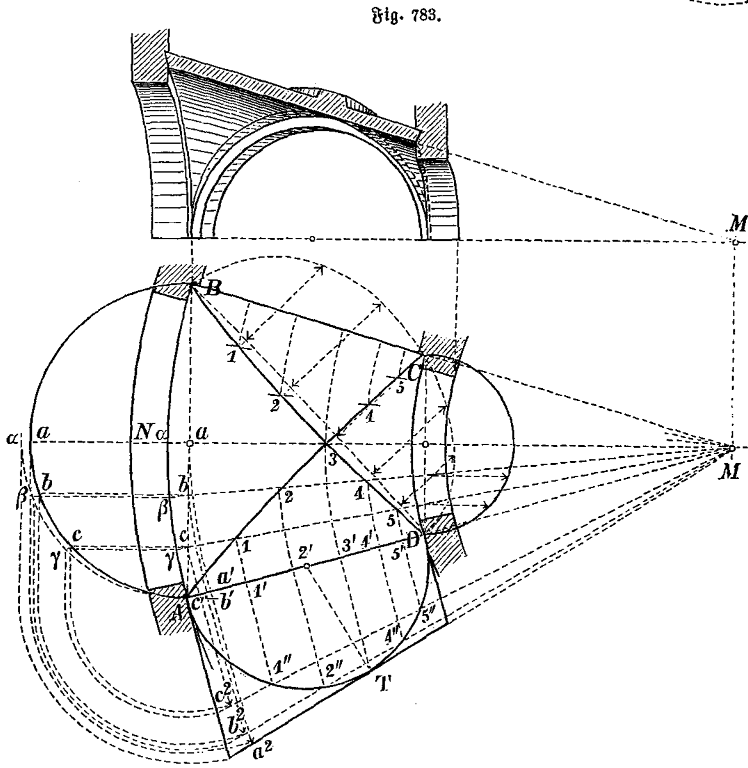

halbkegelförmigen Gewölbe, dessen Spitze im Mittelpunkte M liegt, Fig. 783, und das derart zu bestimmen ist, daß der Kegelmantel den Cylinder-

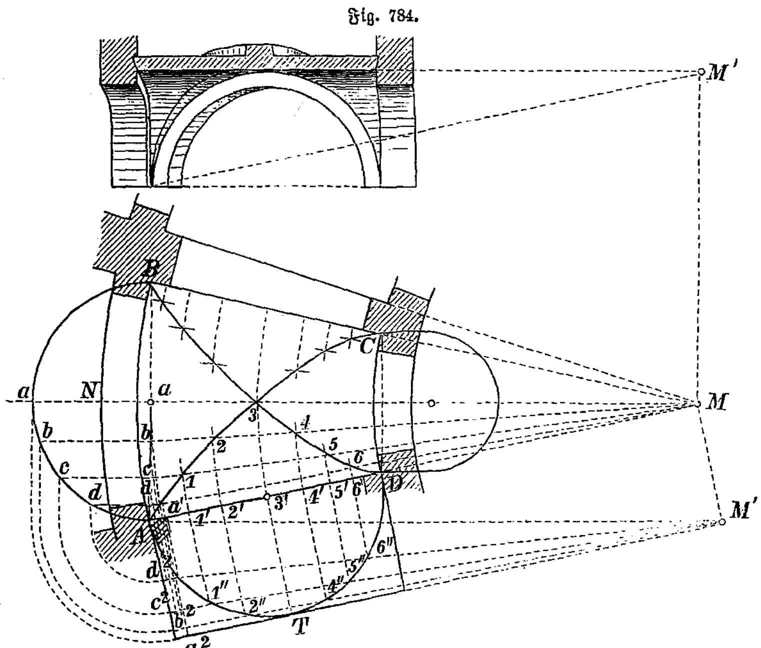
Fig. 783.



mantel tangiert. Ist das Ringgewölbe halbkreisförmig und dessen Schnitt im Halbkreis A T D dargestellt, so giebt die Tangente M T die Scheitellinie des kreisförmigen Kegels, womit dessen Größe und somit auch die lotrechten Kegelschnitte C D und A B bestimmt sind.

Die Gratlinien des Gewölbes, d. h. die Durchdringungskurven des Kegels mit dem ringförmigen Cylinder sind keine Kurven einfacher Krümmung, in der Horizontal-

Fig. 784.



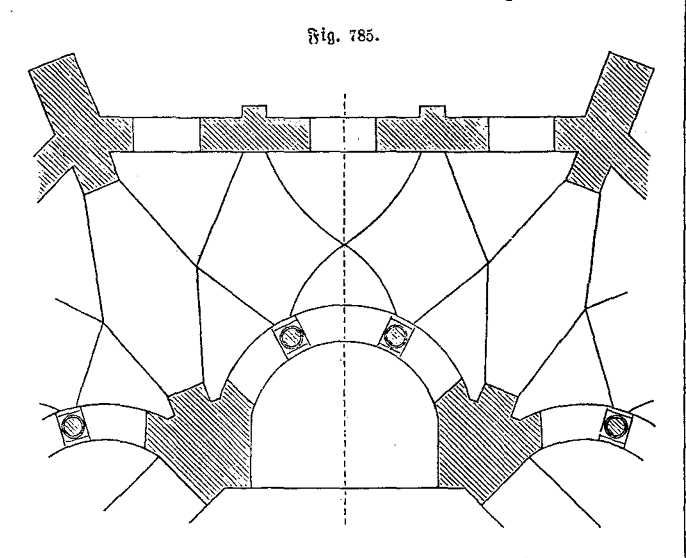
projektion also nicht mehr geradlinig, und können in folgender Weise leicht ermittelt werden: Man ziehe beliebige Mantellinien γ M, β M, . . . des Kegels, bestimme die Ordinatenhöhe der Punkte c, b, . . ., verzeichne diese Linien in der Umklappung in M c², M b², . . . bilde die Schnittpunkte 1″, 2″, . . . mit dem Cylinderkreis, bringe diese Punkte in die Horizontalprojektion nach 1′, 2′, . . . und schlage von diesen Punkten von M aus Kreislinien, so ergeben die Durchschnittspunkte 1, 2, . . . mit den Mantellinien γ M, β M . . . Punkte der Gratlinien, die nunmehr auf die lotrechten Diagonalebenen BD projiziert werden können.

Statt horizontaler Kegelachse und fallender Scheitelachse kann auch eine horizontale Scheitelachse bei geneigter Kegelachse angenommen werden, Fig. 784, was eine bedeutende Stelzung des kleinen Stirnbogens ergiebt. Die Verzeichnung der Gratlinien erfolgt genau in der bei Fig. 783 angegebenen Weise.

Schließlich geben wir in Fig. 785 als Beispiel der komplizierten Gestaltungen, die die Kreuzgewölbe erhalten können, ein Feld des Umganges der altchristlichen Kirche San Vitale in Ravenna, deren Quer-

schnitt und Grundriß in Fig. 707 u. 708 dargestellt sind; es handelt sich hierbei um ein Tonnengewölbe zwischen geradlinigem und kreisförmigem Widerlager mit einer

Fig. 785.



größeren Zahl einschneidender Stichkappen und ohne Gurtteilung der einzelnen Felder. Die Gräte sind teils geradlinig, teils gebogen.[1])

§ 25.

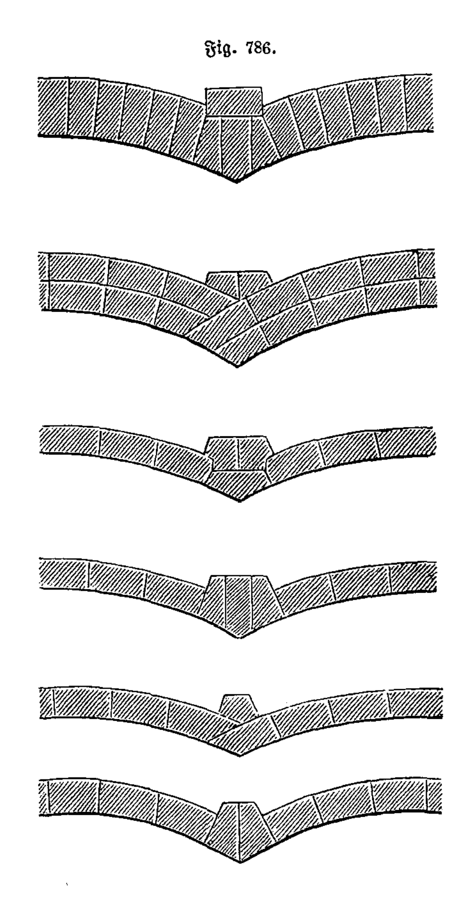
Ausführung des Kreuzgewölbes.

Nachdem die Lehrbogen verzeichnet und aufgestellt sind, folgt die Einwölbung, welche selbstredend von den Ecken aus beginnen muß. In dieser Beziehung hat man Kreuzgewölbe ohne Rippen von denen mit Rippen zu unterscheiden; bei den ersteren wird das Gewölbe mit einem Male geschlossen, bei letzteren dagegen zerfällt diese Arbeit in zwei Teile, und zwar in die Herstellung des Rippensystems, insbesondere wenn dasselbe aus Werksteinen besteht, und in die Ausführung des Kappengemäuers.

Wo sehr lagerhafte Bruchsteine vorhanden sind, werden solche zur Herstellung von Kreuzgewölben, aber nur in Kellerräumen verwendet, wo sie eine Stärke von 30--45 cm erhalten. Dabei laufen die Lagerfugen parallel mit den Scheitellinien und das Gewölbe erhält erst nach dem Eintreiben der Schlußschichten seine Verspannung. Dies Material erfordert eine Einschalung. Die einzelnen Kappenschichten schneiden sich nach den Gratlinien, wo sie je nach der Grundform einen rechten oder einen beliebigen Winkel bilden.

Sind Backsteine das Material, so findet die Einwölbung auf den Schwalbenschwanz statt, wodurch die Schichten zweier angrenzenden Kappen in eine normal zu dem Gratbogen stehende Ebene zu liegen kommen. Bei dieser Wölbmethode ist auch eine mit dem Kappengemäuer Verband haltende Verstärkung der Gräte möglich, in denen die einzelnen Kappen ihr Widerlager finden. Die Verstärkung der Gräte beträgt mindestens $1/2$ Stein gegenüber der Kappenstärke. Letztere beträgt gewöhnlich $1/2$ Stein bei einer Weite der Kappen von 4,5—5,5 m und einer Gratstärke von 1 Stein. Stärker als 1 Stein werden die Kappen nicht wohl ausgeführt, während die Gräte dann $1^1/_2$ Stein erhalten. Fig. 786 zeigt die Steinverbände

Fig. 786.



für $1/2$ und 1 Stein starke Kappen mit jedesmal um $1/2$ Stein verstärkten Gräten, in Querschnitten senkrecht auf die letzteren. Taf. 56 zeigt ein solches auf Schwalbenschwanz ausgeführtes Kreuzgewölbe über dem Quadrat, mit $1/2$ Stein starken Kappen und 1 Stein starken Gräten. Fig. 1 zeigt den Grundriß, und zwar rechts unten die Ansicht in der Leibung, links unten die Aufsicht auf die Rückenfläche mit dem Gratbogen, und links oben einzelne Schichten mit Aufsicht auf die Lagerfugenflächen. Fig. 2 giebt rechts den vollen Querschnitt und links die Ansicht auf die teilweise ausgeführte Kappe, Fig. 3 diagonale Aufsicht auf die teilweise ausgeführte Kappe mit Schnitt durch die Gurtbogen und Fig. 4 u. 5 Diagonalschnitte mit Einzeichnung der auf der Gratlinie normal stehenden Lagerfugenebenen der Backsteinschichten.

1) Nach Hübsch, Altchristliche Kirchen.

Die Gratlinien dieses mit gerade steigender Scheitellinie gebildeten Gewölbes sind elliptische Spitzbogen, die nach der früher gegebenen Methode verzeichnet, und deren Achsen und Brennpunkte nach Fig. 501 ermittelt werden können, wonach es möglich ist, in jedem beliebigen Punkte der Gratlinie die Normale zu errichten.

In Fig. 6 sind einige die Lagerfugenebenen darstellende Normalschnitte I, II, III, . . . verzeichnet, und es ist die Aufgabe zu lösen, den Schnitt dieser Ebenen mit den Kappenflächen zu ermitteln. Beachtet man, daß die Kappenflächen reinen Cylinderflächen angehören, so ergiebt sich, daß in jeder Kappe sämtliche Mantellinien parallel der zugehörigen Cylinderachse sind. Die beliebige Mantellinie EF, in der Kappe ABS, wird somit in der Vertikalprojektion, Fig. 6, parallel der Achse laufen, d. h. $E_1 F_1 \parallel B_1 D$; dies ergiebt den Schnittpunkt F_1 mit der Normalebene II und hieraus im Grundriß Punkt F als Punkt des Schnittes der Normalebene mit der Kappenleibungsfläche; ist in ähnlicher Weise eine beliebige Anzahl Punkte ermittelt, so ergiebt die Verbindungslinie aller dieser Punkte mit dem Schnittpunkte H des Gratbogens die Lagerfugenkante der Leibungsfläche. Der Endpunkt K ergiebt sich einfach, indem in den Diagonalschnitt, in der Zeichnung in Fig. 4 dargestellt, der Wandbogen $L_1 M_1$ eingezeichnet und mit der betreffenden Lagerebene geschnitten wird.

Um die wirkliche Gestalt der einzelnen Schichten zu erhalten, ist nur erforderlich, in Fig. 6 die Umklappung zu verzeichnen, wobei $F_1 F_2 \perp$ II H und $=$ FG ist, wonach, sobald die entsprechende Anzahl Punkte ermittelt, die Fugenkante $H_1 F_2 K_1$ gezogen, die Stärke des Gewölbes mit $\frac{1}{2}$ Stein angetragen und die Rückenlinie e d gezeichnet werden kann. Trägt man jetzt zur Ermittelung des Querschnittes des Gratbogens (der hier 1 Stein breit und 1 Stein hoch angenommen ist), das Rechteck II a b H_1 gleich $\frac{1}{2}$ Steinbreite und 1 Steinhöhe an, und zieht im Schnittpunkte c die Linie c d normal zur Fugenkante $H_1 F_2$, so ergiebt sich hieraus die Form des Gratsteins, auf den sich die Kappe normal aufsetzt, und der nunmehr auch in der Horizontalprojektion in einfacher Weise verzeichnet werden kann.

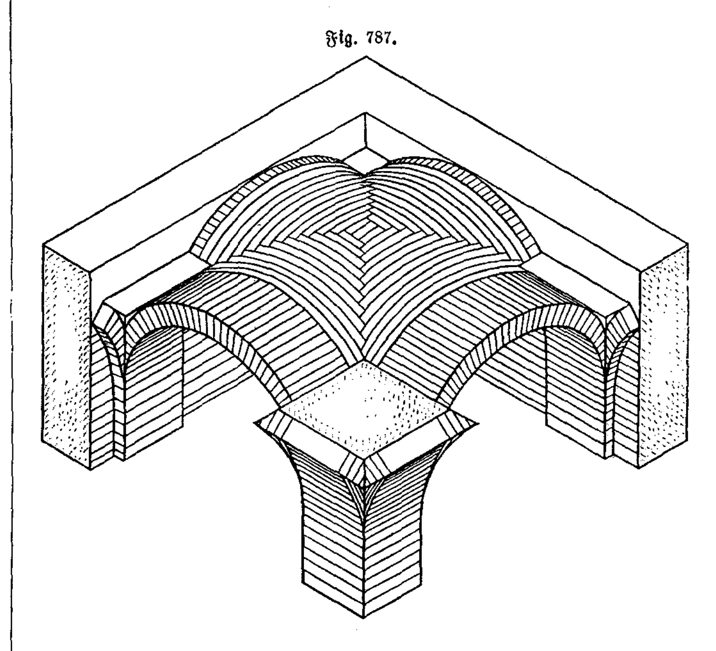
Wie die Zeichnung deutlich erkennen läßt, sind die Gratsteine zunächst dem Widerlager in der Leibungsfläche scharf vortretend und in der Rückenfläche sehr schmal; gegen den Scheitel hin verschwindet der scharfe Grat und in der Rückenfläche behalten die Steine nahezu ihre volle Breite, so daß der Gratbogen die in der Rückenaufsicht gezeichnete Form erhält. Die Verzeichnung der Rückenaufsicht ist, nachdem die Form der einzelnen Schichten bestimmt ist, mit keinen Schwierigkeiten verbunden, und es sei nur bemerkt, daß im Diagonalschnitt, Fig. 5, die Linie b—1—2—3—4 die Anfallslinie der Kappenrückenfläche an den Gratbogen, und die Linie $B_2 N_1$ ebenso die Anfallslinie der Kappenrückenfläche an den Gurtbogen darstellt; die erstere Linie ergiebt sich aus der Horizontalprojektion der Schichten I, II, III . . . ., beziehungsweise aus dem Schnitt Fig. 6, und die letztere aus dem Schnitt Fig. 7.

Die Verzeichnung der teilweise ausgeführten Kappe in dem Quer- und dem Diagonalschnitte bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung.

Diese Gewölbe erhalten, besonders wenn sie auf dünnen Säulen oder Pfeilern aufsitzen, am besten einen gemeinschaftlichen Hausteinanfänger, der in seiner oberen Begrenzung normale Lagerebenen zur Aufnahme der Gurtbogen und der Kappen erhält, wie dies die Darstellungen auf Taf. 62 deutlich erkennen lassen.

Indem wir uns bezüglich der Ausführung auf das beim Tonnengewölbe Bemerkte beziehen, sei nur darauf hingewiesen, daß in jeder Kappenschicht mit den Gratsteinen über den Gratlehrbogen angefangen wird, d. h. diese Steine werden zuerst passend zugehauen, normal auf den Gratlehrbogen aufgestellt, und dann zu beiden Seiten die zu den Kappen gehörigen Steine aus freier Hand bis zu den Stirnmauern vermauert.

Fig. 787.



Bei unverputzt bleibenden Gewölben können die Kappen, besonders solche mit Busen, auch im unteren Teile auf Kuf, zunächst dem Scheitel aber mit Ringschichten (Mollersche Wölbung) ausgeführt werden, wie dies das auf Taf. 61 dargestellte Gewölbe zeigt.

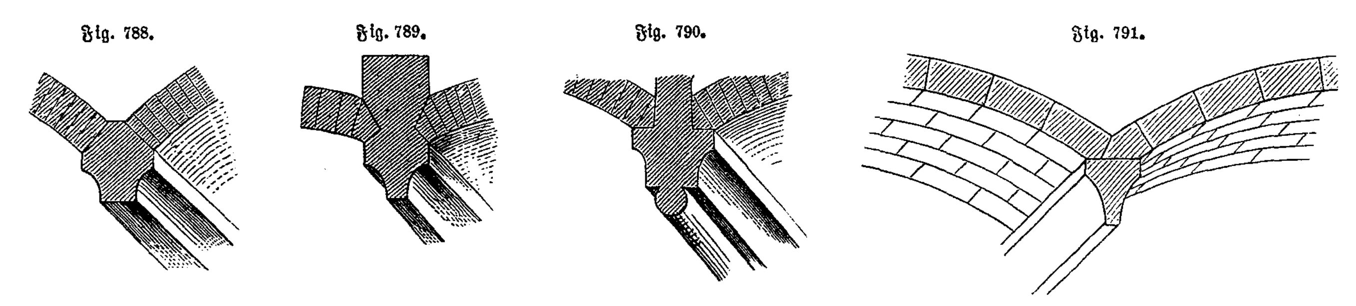
Auch ist es möglich, nicht nur die Scheitel, sondern die ganzen Kappenflächen mit stehenden Ringschichten auszuführen, besonders, wenn die Kappenleibungen nur wenig von Cylinderflächen abweichen. Solche Gewölbe finden sich ebenfalls schon in der byzantinischen Baukunst; als Bei-

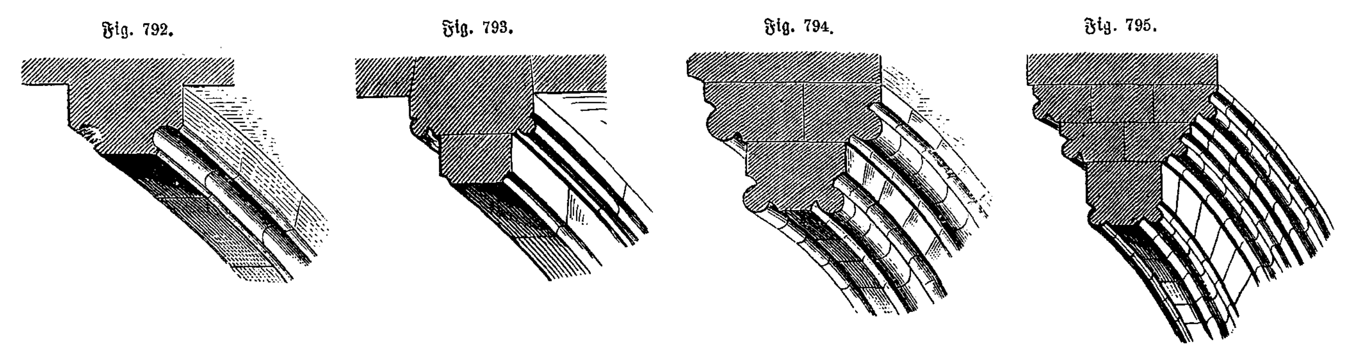
spiel geben wir in Fig. 787 ein cylindrisches Kreuzgewölbe aus Athos.[1])

Ist die Stockhöhe gering, so sind die flachen mit geringerem Materialaufwande herzustellenden Kreuzgewölbe Fig. 1—5, Taf. 62, sehr zu empfehlen, bei denen die Einwölbung auf den Schwalbenschwanz besonders leicht ausführbar ist. Fig. 1 zeigt den Grundriß, Fig. 2 den Durchschnitt nach der Linie a b mit der Ansicht eines Teiles des Gewölbes, welches im Grundriß mit q i k bezeichnet ist; Fig. 3 den Durchschnitt nach c d e f mit der Annahme einer Verstärkung des Gewölbes nach der Richtung von c nach d; Fig. 4 einen Längendurchschnitt mit dem Schnitt der sich kreuzenden Diagonalgräte; endlich Fig. 5 mit der Projektion des nach oben verstärkten Grates. Die betreffenden Lehrbogen sind aus den Fig. 1—3 zu ersehen; zwischen sie sind Latten eingespannt, um dem Maurer Anhaltspunkte für die richtige Lage der Steinschichten zu geben, da in der Regel ohne Schalung auf den Schwalbenschwanz gewölbt wird. Die andere Fugenlage ist ebenfalls im Grundriß verzeichnet. q i k bezeichnet die letzten Schichten der begonnenen Wölbung, deren Vertikalprojektion mit entsprechenden Buchstaben markiert ist. Die Scheitellinie a b ist wagerecht, während die Scheitellinien der Kappen wie f e, Fig. 1, einige Centimeter ansteigen oder „Stich“ haben. Der Gratbogen samt Angabe der Gewölbestärke ist in Fig. 1 umgeklappt.

1) Choisy, L'art de bâtir chez les Byzantins. Über die verschiedenen beim Kreuzgewölbe möglichen Schichtenlagen siehe auch Ungewitter-Mohrmann, I. Bd., S. 100—117.

Erhalten die Kreuzgewölbe Rippen, so werden diese meist aus besserem Material, entweder Werksteinen oder besonders geformten Backsteinen ausgeführt, da sie das tragende Gerippe bilden, dessen Zwischenräume das Kappengemäuer auszufüllen hat. Dabei werden die Rippen für sich ausgeführt, ohne Verband mit den Kappenschichten zu halten. Der Querschnitt der Rippen muß denselben zum Widerlager dienen und so groß angeordnet werden, daß er unter Berücksichtigung der Spannweite, der Belastung und des Materials, aus welchem die Rippen bestehen, die nötige Tragfähigkeit gewährt. Derselbe zerfällt daher in zwei Teile; erstlich in den, welcher zwischen den Kappen liegt und ihnen zum Widerlager dient, und zweitens in den vor die Kappenflucht vortretenden Teil, welcher eine seinem Zweck entsprechende Form und eine mehr oder weniger reiche Gliederung erhält, Fig. 788—790.


Fig. 788. Fig. 789. Fig. 790. Fig. 791.


Fig. 792. Fig. 793. Fig. 794. Fig. 795.

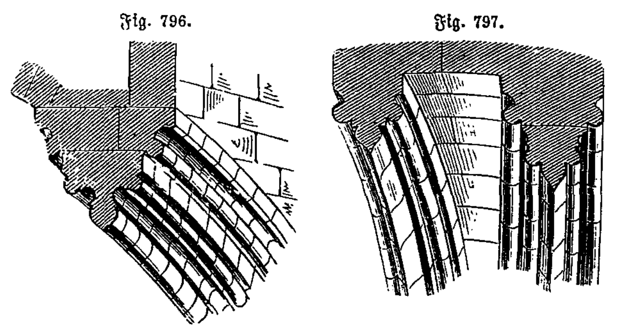
Häufig findet sich auch die Anordnung nach Fig. 791, bei der die Rippen selbständig und ohne Verband unter den Kappen sitzen. Die Konstruktion ist nicht zu empfehlen, und es treten häufig infolge ungleicher Setzungen Trennungen zwischen Rippen und Kappen ein, wie dies an älteren Bauwerken beobachtet werden kann.

Fig. 792—798 zeigen einige Gurt- und Rippenprofile aus mittelalterlichen Baudenkmälern.

Die Rippen werden ausgeführt entweder aus einzelnen, nach Kreissegmenten bearbeiteten und in der radialen Fuge aneinander gesetzten Werkstücken oder aus eigens geformten Ziegeln, deren Stärke den gewöhnlichen entspricht. Die Rippenziegel sind ebenfalls mit dem entsprechenden Widerlager für die Kappen versehen.

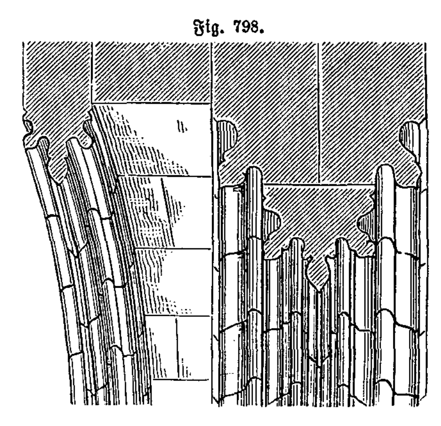
Nach dem Aufstellen der Lehrbogen werden die einzelnen Werkstücke auf den Rücken derselben aufgesetzt und die Fugen vollständig mit Mörtel ausgefüllt, wegen der gleichmäßigen Übertragung des Druckes auf die ganze

Fig. 796. Fig. 797.



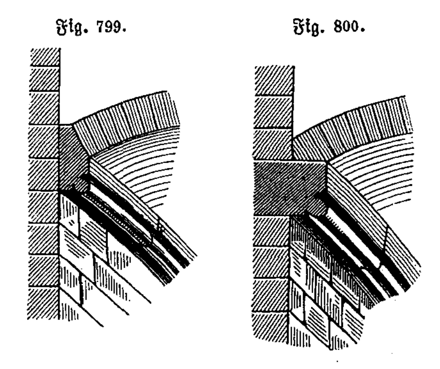
Fugenfläche und wegen des Verbandes der einzelnen Werksteine. Bei kleineren Dimensionen des Rippenprofils wird die Mörtelfuge besser ersetzt durch eine zwischen die Werksteine eingelegte Bleiplatte, welche sich den Unebenheiten der Fugenfläche anschmiegt und so den Druck auf derselben

Fig. 798.



gleichmäßig verteilt. Will man den Verband mit Eisen bewerkstelligen, so wähle man anstatt der 5 cm langen eisernen Dollen oder Dübel, um welche sich die Werkstücke

Fig. 799. Fig. 800.



drehen können, eine andere Form für das Eisen, etwa die T=Form, und setze sie mit Cement oder Blei hälftig in die zusammenstoßenden Fugenflächen ein. Als Minimum der Rippenstärke von Werksteinen kann man bei 5 m Spannweite 13 cm Breite und 27 cm Höhe annehmen.

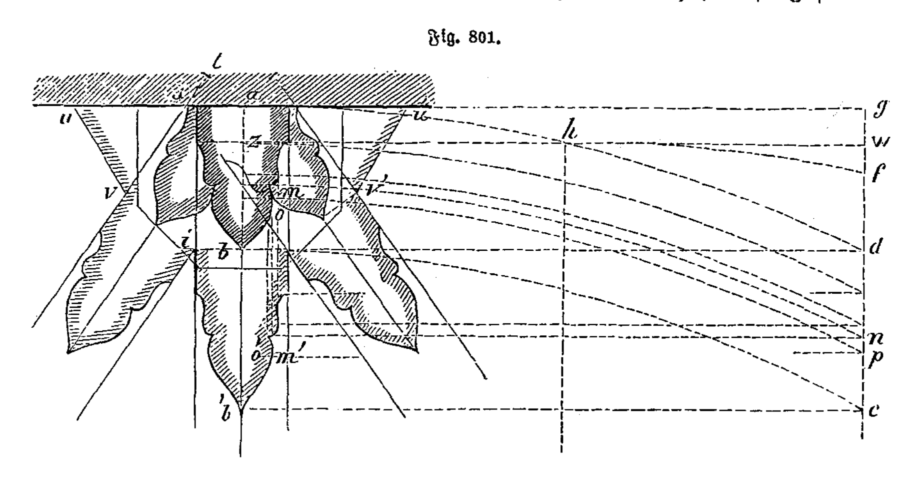
Bezüglich der Schildbogen ist zu bemerken, daß diese entweder ganz oder teilweise vor die Mauerflucht vortreten oder in der Mauerflucht liegen. Nach Fig. 799 wird der Schildbogen für sich konstruiert und lehnt sich bloß an die Schildmauer an. Fig. 800 zeigt einen in die Mauer eingebundenen Schildbogen, dessen Herstellung mit der der Mauer erfolgen muß. Der Rücken des Schildbogens erscheint hier als Träger und die Mauer als Widerlager des aufgelegten mit Busen versehenen Kappengemäuers. Wo der Schildbogen nicht vor die Mauerflucht vortritt, da muß das Auflager der Kappe durch eine in die Mauer tretende, dem Schildbogen entsprechende Vertiefung gebildet werden. Die Vertiefung wird aus der Mauer herausgespitzt, wenn diese aus Werksteinen oder Bruchsteinen besteht, oder es wird die Nute ausgespart, was bei Backsteinmauerwerk möglich ist.

Bei Kreuzgewölben mit Gräten oder Rippen hat man besonders auf deren Anfang sein Augenmerk zu richten. Gewährt die Kapitellplatte der Stütze so viel Raum, daß die Rippen nebeneinander angeordnet werden können, so können sie auch unabhängig voneinander ausgeführt werden. Findet hingegen eine Verschneidung der Rippenprofile auf der Kapitellplatte statt, so thut man gut, den unteren Teil bis dahin, wo die Rippen frei auseinander treten, aus einem ganzen Werkstück zu fertigen. Fig. 5, Taf. 58, zeigt die Ansicht und Fig. 4 den zugehörigen Grundriß eines solchen Kämpfers oder Anfängers, auf dem sich fünf Rippen ansetzen sollen.

Die Art und Weise, wie ein solcher Gewölbeanfänger zu konstruieren ist, mögen die zusammengehörigen Fig. 801 u. 802, wie folgt, erklären. Der Kämpfer soll zwei Kreuzrippen und eine Gurtrippe aufnehmen von gleichen Radien, indem die Joche als gleich breit angenommen sind. Die Mittelpunkte der Bogen sollen in derselben Kämpferebene liegen und der Kämpfer auf einem ins Achteck konstruierten Kragstein sitzen. a b ist die Achse des vortretenden Teiles der drei gleichen Rippen, deren Form unmittelbar über dem Kragstein angegeben ist. Mit dem angenommenen Radius schlage man den Bogen b c und den Bogen a d, der durch den äußersten Punkt der Rippe geht. Aus dem Punkte i, wo die Rippen voneinander frei werden, ziehe man eine Senkrechte auf a b, welche den äußersten Bogen in d schneidet. Durch diesen Punkt g c || a b gezogen, giebt die Höhe des Kämpfersteines oder die Ebene, auf welcher die Rippen beginnen, und g c zeigt zugleich die Ausladung des Werkstücks vor der Mauerflucht an. Da sämtliche Rippen gleiche Radien haben, so bilden ihre Anfänge dieselben Bogen, werden somit durch b c d a dargestellt. Da die obere Lagerfläche g c die Bogen in schiefwinkeliger Richtung schneidet, so muß das etwas in die Länge gestreckte Rippenprofil konstruiert werden, um es auf dieser

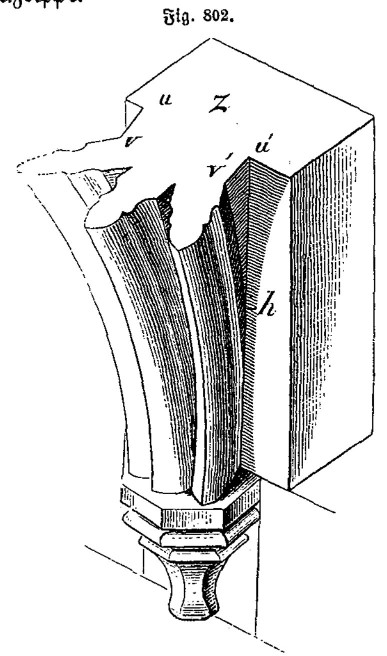
Lagerfläche auftragen zu können. Zu diesem Zweck wollen wir einen Punkt bestimmen, nach welchem alle übrigen aufgefunden werden. Durch den Bogen b c und die Senkrechte b′ c wurde, wie wir bereits gesehen haben, b′ als äußerster Punkt des Profils bestimmt. Ähnlich wird durch

Fig. 801.



den Bogen m n und die Senkrechte m′ n nebst m m′ ⋕ a b der Punkt m′ gefunden. Ebenso geschieht die Auffindung der übrigen Punkte, wie dies die Figur zeigt. Auf dieselbe Weise können auch Zwischenpunkte, wie z. B. o′ durch Bogen o p und die Parallellinien p o′ und o o′ gefunden werden u. s. f. Die Projektion der Querrippe gilt auch für die Kreuzrippe.

Fig. 802.



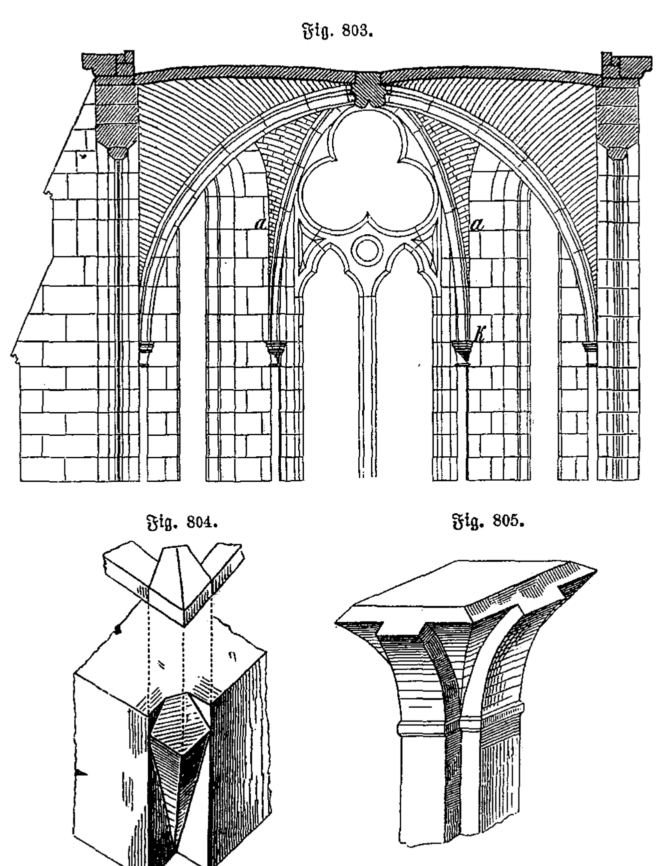
Um nun vollends die obere Fläche z des Kämpfers, welcher in Fig. 802 im halben Maßstab von Fig. 801 dargestellt ist, geometrisch zu bestimmen, ist der Anfangspunkt h, Fig. 802, des Schildbogens zu finden. t ist der Endpunkt des in die Mauer einschneidenden Profils; wo dieser bei der bogenförmigen Bewegung aufwärts die Mauerflucht schneidet, wird sein Höhepunkt liegen. Man trage daher s t nach a z, ziehe von z die Senkrechte, bis sie den Bogen a d in h schneidet, so ist dies der gesuchte Anfangspunkt des Schildbogens. Soll nun derselbe mit dem Radius der anderen Bogen gezeichnet werden, so giebt w d seinen horizontalen Abstand von der Mauer an; trägt man denselben von s nach u, so daß w d = s u, und zieht man hierauf u v und ebenso auf der anderen Seite u′ v′, so ist die obere Begrenzung des Steines fertig. Die Buchstaben in Fig. 802 entsprechen den gleichen in Fig. 801.

In ähnlicher Weise wird verfahren, wenn die Rippen mit verschiedenen Radien beschrieben werden.

Die Herstellung der Anfänger vereinfacht sich wesentlich, wenn nur eine Rippe anzuarbeiten ist, wie dies z. B. bei den Chorgewölben der Fall ist; Fig. 803 zeigt ein solches, bei dem auch

Fig. 803.

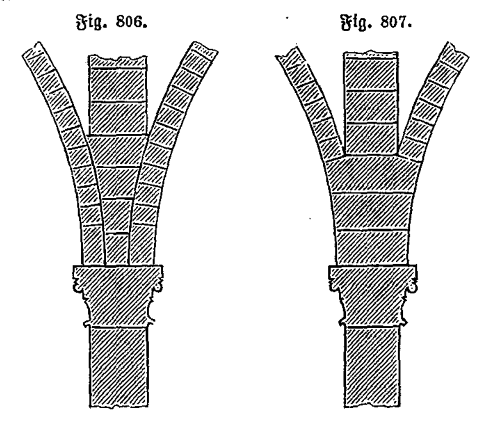
Fig. 804. Fig. 805.



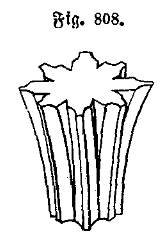
die Schildbogenrippen fehlen und die Schildbogen überdies bis a gestelzt sind, wodurch sich die Anfänger noch einfacher gestalten.

Hat das Kreuzgewölbe nur Gräte und ist es aus Backsteinen konstruiert, so wird man ebenfalls gut thun, zum Anfänger in den Ecken einen größeren natürlichen Stein, Fig. 804, zu nehmen, um für die ersten Gewölbesteine ein besseres Auflager zu erhalten.

Hat ein freistehender Pfeiler Kreuzgewölbe mit Gräten und Gurtbogen aufzunehmen, so wird ebenfalls ein Kämpfer etwa nach Fig. 805, beziehungsweise Taf. 56, Fig. 8, angeordnet.


Fig. 806. Fig. 807.

Ist über der Gewölbestütze noch ein Pfeiler aufzusetzen, wie dies z. B. bei Hallenkirchen zur Unterstützung der Dachbinder vorkommt, so konstruiere man nicht nach Fig. 806, wonach die Basis des aufzusetzenden Pfeilers ungemein klein würde, sondern vielmehr nach Fig. 807, bei welcher Konstruktion sowohl den Gewölbewiderlagern, als auch der Pfeilerbasis volle Rechnung getragen ist.


Fig. 808.

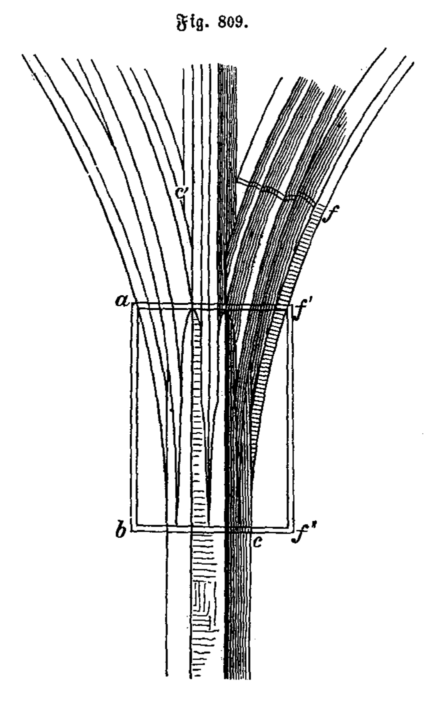


Fig. 809.

Anstatt der drei Schichten Werksteine kann, wenn es die Steingröße erlaubt, auch ein einziges Kämpferstück angenommen werden (siehe auch Kap. III, § 5).

Rippenanfänger an freistehenden Pfeilern werden in derselben Weise gestaltet wie diejenigen, welche mit Wandpfeilern in Verbindung stehen, Fig. 808. Bei größeren Abmessungen würde derselbe aus zwei oder mehr Werkstücken bestehen.

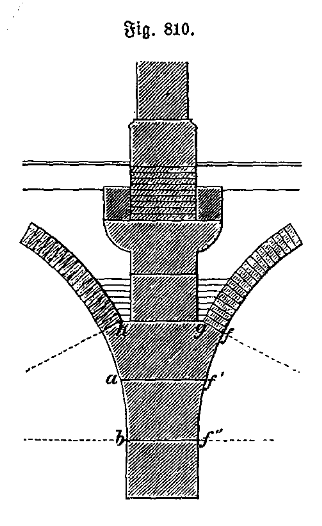
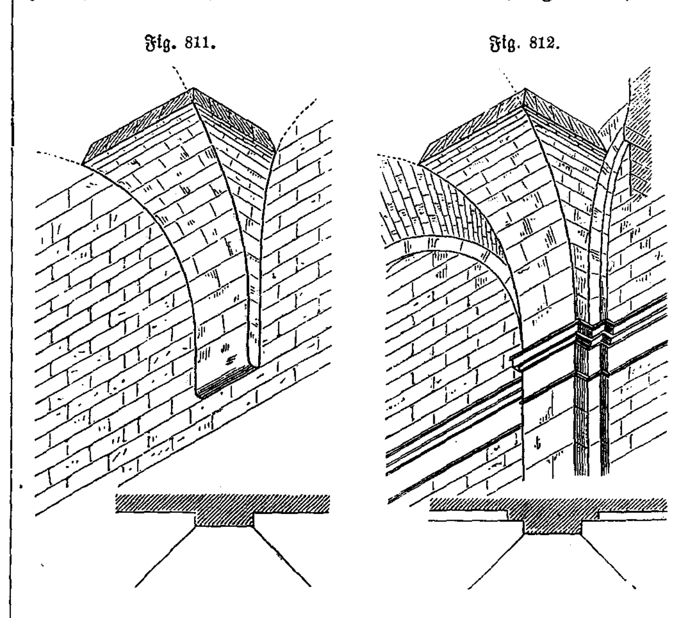


Fig. 810.

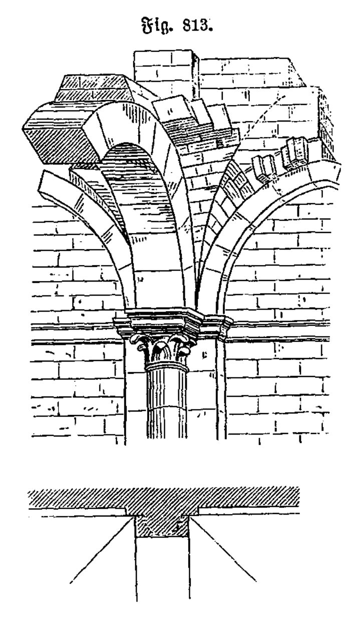
Bei sehr schlanken Pfeilern läßt man, wie dies insbesondere in der Spätzeit der Gotik der Fall war, die zwischen den Rippen sich bildenden Vertiefungen nicht in


Fig. 811. Fig. 812.

den Kern einarbeiten, sondern man läßt diesen lotrecht in die Höhe gehen, so daß sich eine Durchdringung zwischen dem cylindrischen oder prismatischen Pfeilerkern und den anfallenden Rippen ergiebt, wie dies in Fig. 809 dargestellt ist. Das Werkstück des Anfängers ist durch das Rechteck a f' f' b begrenzt und mit einer oberen horizontalen Lager-

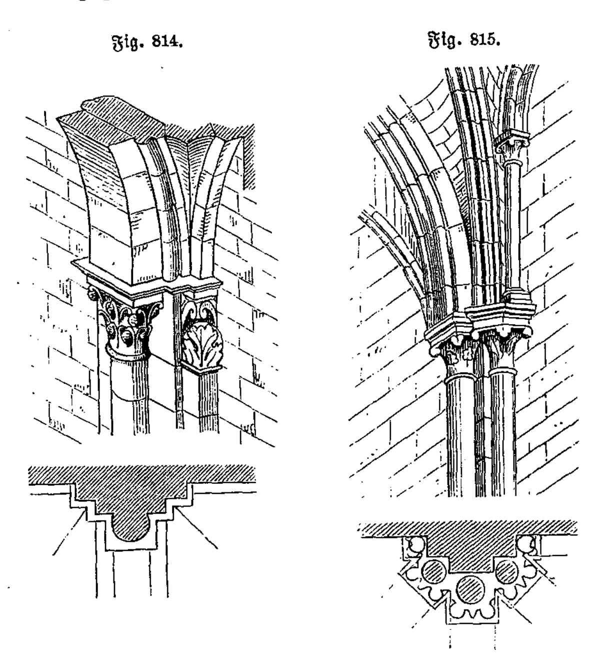
fuge versehen, auf die sich ein zweiter Anfänger aufsetzt, dessen Rippenfugen sämtlich normal zu den Bogenlinien gezogen sind; zwischen diesen verbleibt aber eine horizontale Lagerfläche, auf die ein oberer Pfeiler, falls ein solcher vorhanden ist, in voller Querschnittsfläche aufgesetzt werden kann, Fig. 810.

Fig. 813.



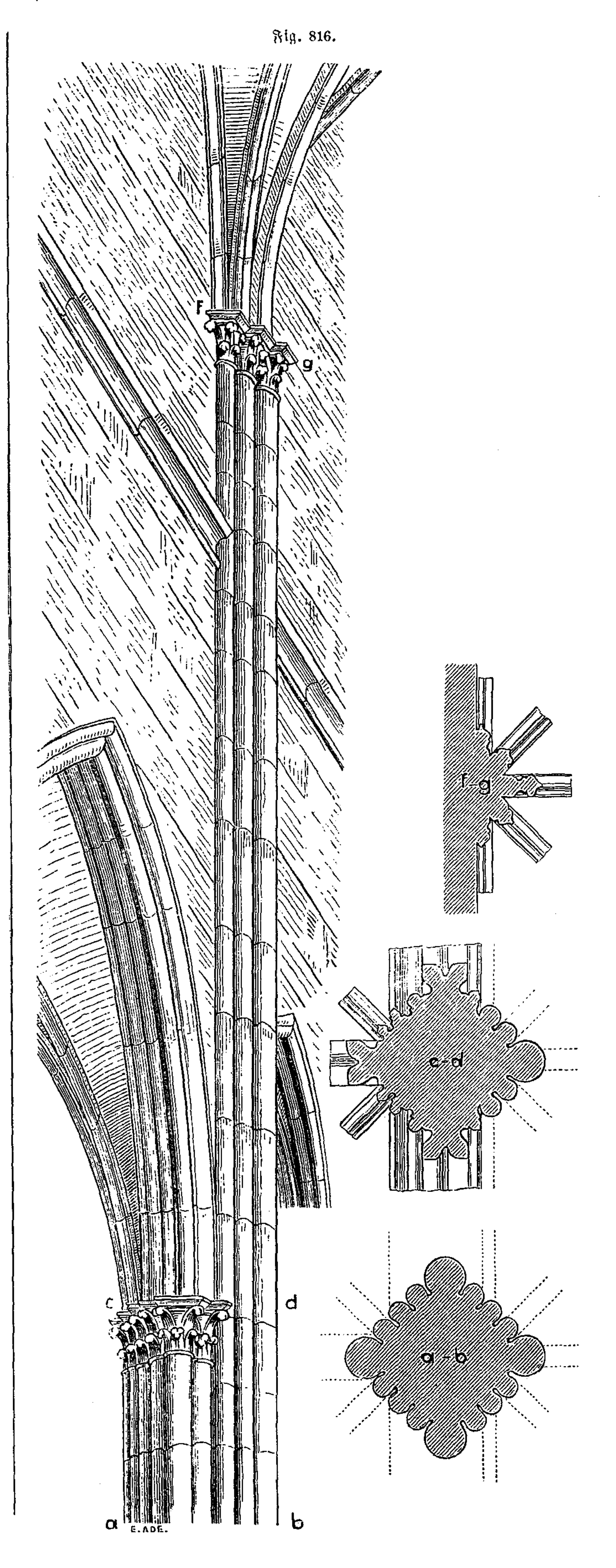
Schließlich dürften die verschiedenen Arten der Ansätze der Kreuzgewölbe an die Widerlagermauer von Interesse sein, wie Fig. 811—815 einige einfache Anordnungen zeigen;

Fig. 814. Fig. 815.



doch können die Gräte auch ohne jegliche Vermittelung aus der glatten Wand hervortreten, wie sich dies an mittelalterlichen Bauten nicht selten findet.

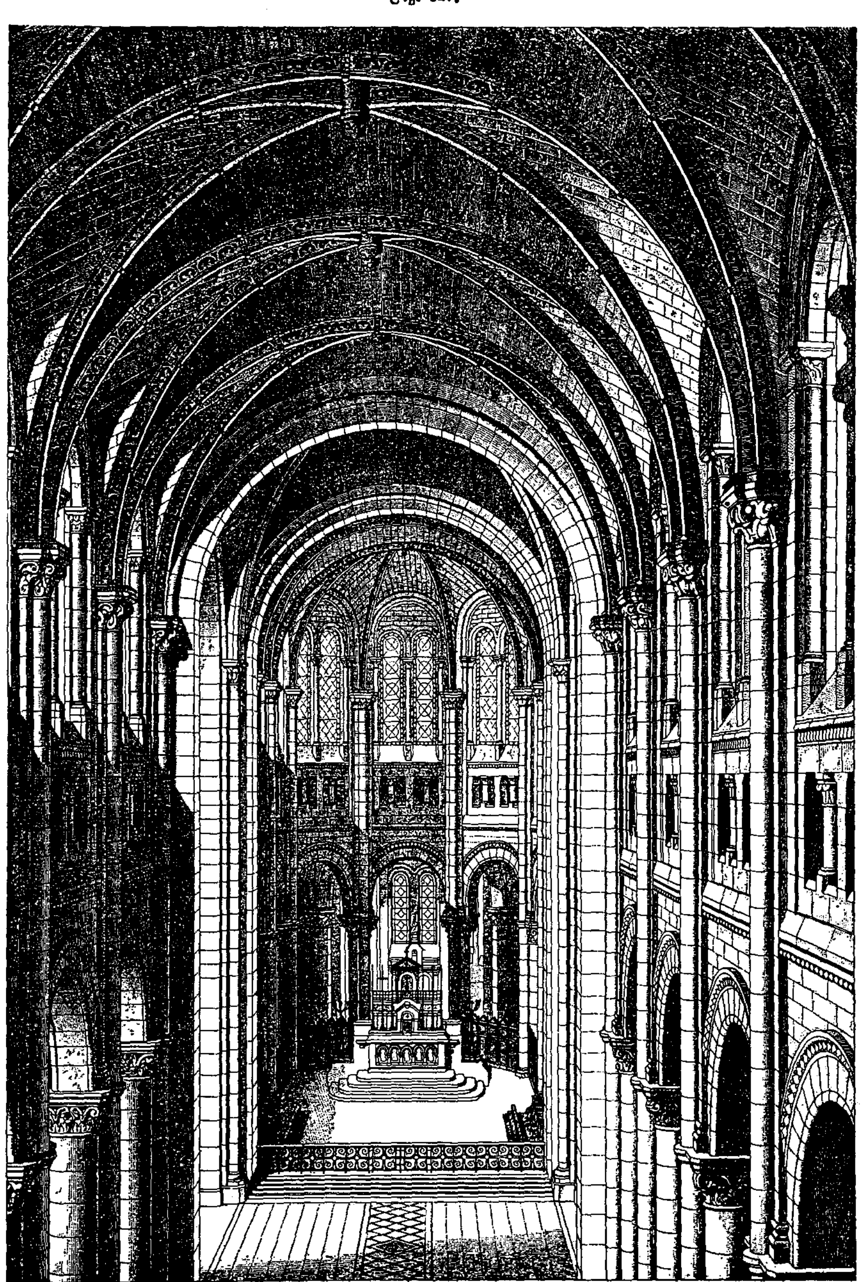
Fig. 816.



In Fig. 816 geben wir im Grundriß a b den Pfeilerquerschnitt aus dem Münster in Freiburg i. Br., im Grundriß c d die Form der Bogen, die die Mittelschiffmauer tragen, nebst den Rippen der Seitenschiffgewölbe und den 5 Diensten, die zur Aufnahme der entsprechenden Zahl der Rippen der Kreuzgewölbe des Mittelschiffes dienen, deren Form aus dem Grundriß f—g ersichtlich ist; die Gesamtanordnung ist aus dem Schaubild klar erkennbar.

Schließlich geben wir in Fig. 817 ein Beispiel von Kreuzgewölben, die sich zwischen Eisenrippen an Stelle der Steinrippen einspannen, und das der von Heret erbauten „Eglise N. D. de la croix“ entnommen ist.[1]) Die Anordnung ist aus der Zeichnung in allen Teilen klar zu ersehen.

Fig. 817.



J. Das Fächer- oder Trichtergewölbe.

§ 26.

Gestaltung, Konstruktion und Ausführung.

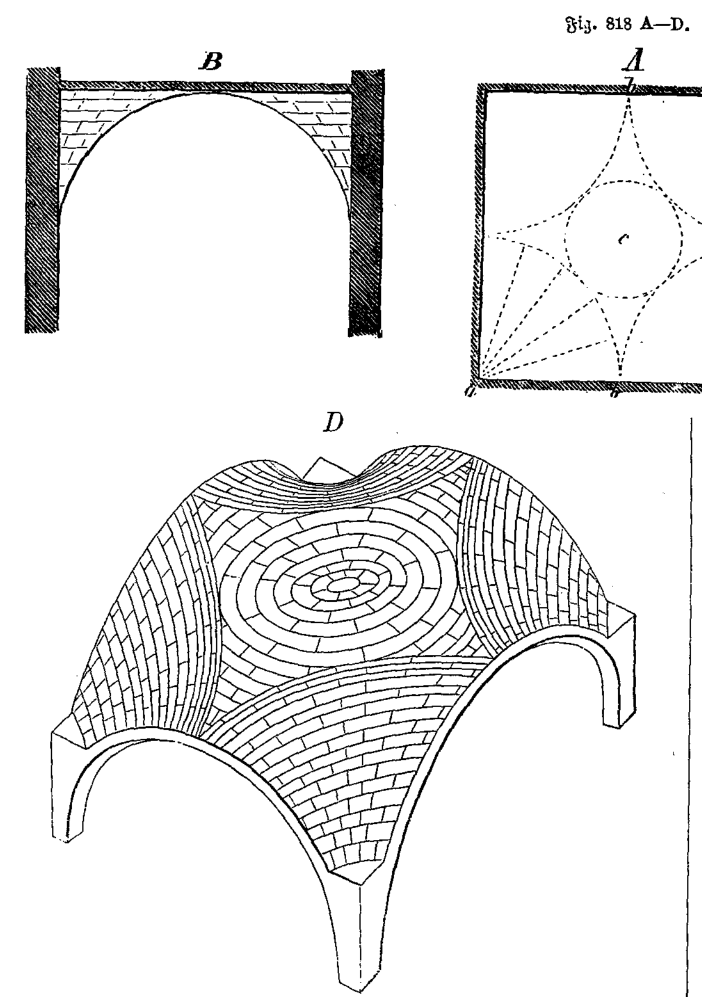
Das Fächer- oder Trichtergewölbe entsteht, wenn wir uns in den vier Ecken eines Quadrates die Hälfte einer, zwei dieser Ecken verbindenden, Bogenlinie um eine lotrechte Achse in den Eckpunkten des Quadrates um 90 Grad gedreht denken und die hierbei durch die Bogenlinie erzeugte Fläche als Leibungsfläche eines Gewölbes ansehen. In der Mitte des Raumes bleibt dann eine, von vier konvexen Viertelkreisen a b, a b, Fig. 818, begrenzte Ebene offen, die durch ein scheitrechtes Gewölbe geschlossen wird. In diese Ebene pflegt man einen, jene vier Viertelkreise tangierenden Kreis c zu legen und durch eine aus der Leibungsfläche heraustretende Rippe auszuzeichnen.

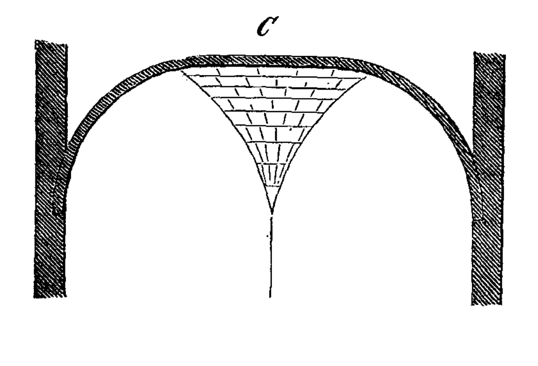
Die Gestalt eines solchen Gewölbes, durch die Fig. B u. C in zwei Durchschnitten und in Fig. D in der Ansicht von oben dargestellt, wird durch die der erzeugenden Bogenlinie bedingt, und es ist für die Konstruktion eigentlich gleichgültig, welche man wählen will. Ist die erzeugende Bogenlinie eine solche, die in ihrem Scheitel eine horizontale Tangente hat, so wird der mittlere, horizontal liegende Teil des Gewölbes mit dem gebogenen stetig zusammentreffen. Doch kommt auch der Spitzbogen als erzeugende Bogenlinie sehr häufig vor, besonders dann, wenn die Grundfigur kein Quadrat ist, sondern ein Rechteck bildet. Denn das Quadrat haben wir unserer Erklärung nur deshalb zu Grunde gelegt, weil sich die Entstehung dieser Gewölbform so am leichtesten herleiten läßt.

1) Aus Narjoux, Paris Monuments etc. III. Bd. 1893.

Nehmen wir allgemein ein Rechteck, Fig. 819 A, als Grundform an und als erzeugende Bogenlinie einen Kreisbogen von einem Halbmesser, der gleich oder größer ist als die Hälfte einer Diagonale der Grundfigur, so können wir uns die trichterförmige Leibungsfläche auch so entstanden denken, daß sehr schmale Gewölbrippen von einerlei Krümmung aus den 4 Ecken aufsteigen und sich so weit fortsetzen, bis sie sich gegenseitig durchdringen, wobei

Fig. 818 A—D.





ihre Horizontalprojektionen gerade, strahlenförmig von den Eckpunkten ausgehende Linien bilden. Es entstehen dann infolge dieses Durchdringens Gräte, die in der Horizontalprojektion zwar gerade, mit den Seiten der Grundfigur parallele Linien a b, c d, Fig. 819, bilden, im Durchschnitt aber geschwungene Linien a′ b′, Fig. B, und c′ d′, Fig. C, darstellen. Auf diese Weise fällt der horizontal liegende Teil des Gewölbes fort, wie Fig. 819 D in der Ansicht von oben zeigt, und das Ganze bekommt wieder Ähnlichkeit mit einem spitzbogigen Kreuzgewölbe, dessen Diagonalgräte verschwunden sind und bei welchem die horizontalen Durchschnitte der Leibungsflächen aus den Eckpunkten der Grundfigur beschriebene Kreisbogen zeigen. Beispiele solcher Gewölbe finden sich besonders in England, wo die innere Fläche derselben meist ganz mit Verzierungen bedeckt ist, die dem Leisten- oder Maßwerk der gotischen Architektur angehören. Diese Gewölbe sind immer aus natürlichen Steinen mit einem großen Aufwande von Arbeit konstruiert.

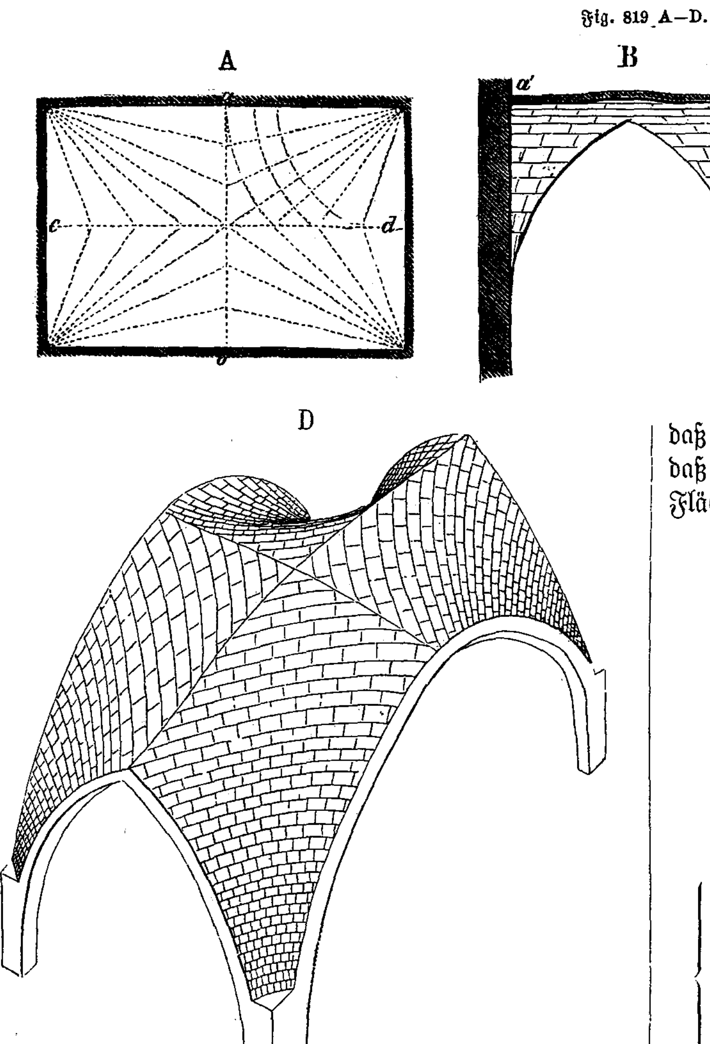
Ein derartig gebildetes Gewölbe mit Halbkreis über der Diagonalen und in Werkstein ausgeführt angenommen, zeigt Fig. 820. Hierbei ergeben sich die Wandbogen als Spitzbogen, deren Schenkel aus Kreissegmenten bestehen, die sich ergeben, wenn man die halbe Quadratseite b c auf die Diagonale nach b c′ bringt und die Senkrechte c′ g zieht, worauf b g als gesuchter Spitzbogenschenkel erhalten wird, wie ihn der Durchschnitt, Fig. 820, nach der Linie b c d f des Grundrisses zeigt.

Der Bogen b g macht bei unserm Grundriß, wo vier Fächergewölbe zusammengestellt angenommen sind, an den vier Hauptecken eine Viertelsdrehung, an den Zwischenpunkten eine halbe und um den mittleren Stützpunkt eine ganze Drehung. Jeder Punkt des Quadranten b h, welcher höher als Punkt g liegt, beschreibt einen kleineren Bogen als die unterhalb g gelegenen Punkte; die Bogen werden immer kleiner, je näher der erzeugende Punkt bei h liegt, während der Punkt h selbst keine Drehung mehr macht. Die Punkte g′ und h′ entsprechen den Punkten g und h des im Grundriß umgeklappten Bogens, auf welchem auch die Einteilung der Steinschichten stattfindet.

Die Fig. 1, 2 u. 3, Taf. 63, geben eine allgemeine Übersicht der Konstruktion, und zwar zeigt Fig. 1 oberhalb einen Teil der inneren Leibung des Gewölbes, unterhalb dieselbe Partie in der oberen Rückenansicht. Fig. 2 zeigt einen lotrechten Durchschnitt nach der Linie A N, Fig. 1, und Fig. 3 die Rückansicht in isometrischer Projektion. Der Teil, welcher dem Halbmesser A C in Fig. 1 entspricht, ist wie bei den Sterngewölben, aus Rippen und dazwischenliegenden Feldern oder kleinen Gewölbkappen, der Rest bis zum Scheitel aber ohne solche Rippen, aus eigentlichen Gewölbestücken konstruiert. Der untere Teil der Fächer

ist etwa bis zur halben Gewölbhöhe aus solidem Mauerwerk gebildet, wie dies Fig. 2 u. 3 zeigen. Die Fugen des Gewölbes sind mit Rücksicht auf die Verzierungen an der Leibungsfläche angeordnet. So ist z. B. der um den Gewölben hauptsächlich durch die Verzierungen bestimmt wird, so ist es natürlich, daß zuerst die Lagen der Fugen in der Leibung bestimmt wurden, woraus die Fugen im Gewölbrücken sich von selbst ergaben. Man muß annehmen,

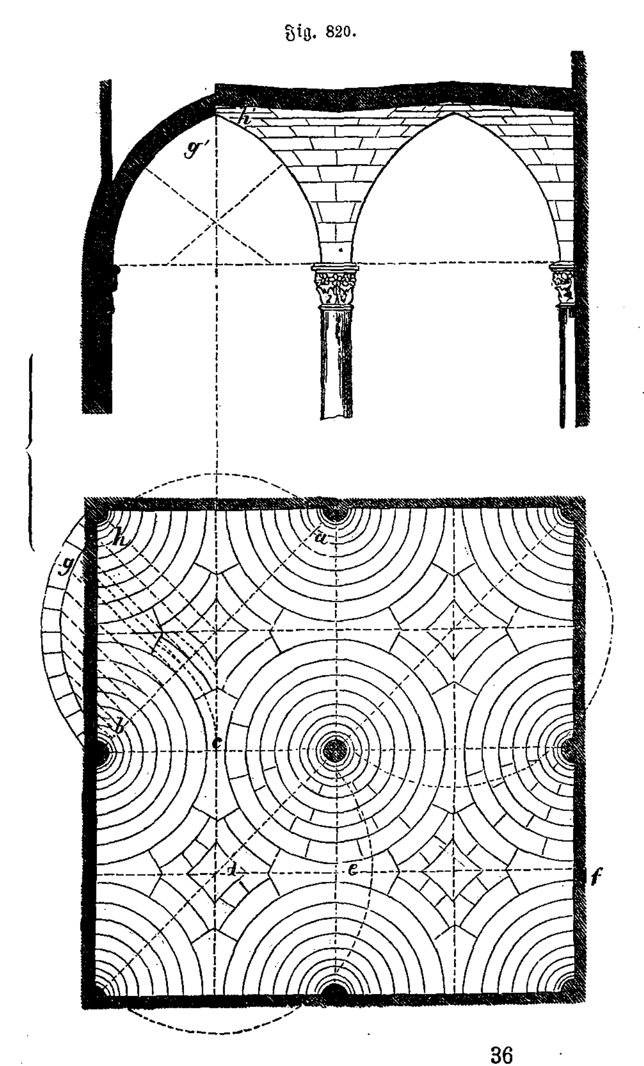
Fig. 819 A—D.



Mittelpunkt Fig. A, 1, gehende, der Linie B K entsprechende Steinring so eingerichtet, daß er die erste Reihe der verzierten Spitzbogen und die Kreisrippe mit den Tudorblumen enthält; der folgende zu K M gehörende Ring enthält die nächste Felderreihe mit ihren Bogenverzierungen und Tudorblumen, und der nächste erstreckt sich dann über den Scheitel des Gewölbes. Werden hierbei die Steine zu groß, so teilt man sie wie bei m n, Fig. 1, und zwar so, daß die Fugen so wenig als möglich die Verzierungen unterbrechen; dergleichen Fugen finden sich auch oft in einer Rippe, wie bei p q. Die strahlenförmigen Fugen liegen in unserem Beispiel in der Mitte der Felder; doch ist dies keineswegs immer der Fall. Da die Anordnung der Fugen bei diesen

daß die untere Fläche der Steine glatt ausgearbeitet wurde, daß man die kleineren ornamentalen Teile dann auf diese Fläche zeichnete und zur Ausmittelung der Fugen bloß

Fig. 820.



die Rippen und kreisförmigen Bänder in den Grundriß projizierte, weil sonst sehr große Verschiebungen der Zeichnungen zum Vorschein gekommen sein würden.

Ein Verfahren, nach welchem man die Gestalt und Form der einzelnen Steine ausmitteln kann, zeigt Fig. 1, Taf. 64, welche dem in Fig. 1, Taf. 63, dargestellten Grundrisse entspricht. Die gewählten Steine sind: der in Fig. 1 u. 3, Taf. 63, mit P bezeichnete und die, welche mit Q und R, Fig. 1 u. 3, auf der anderen Seite der Scheitellinie symmetrisch liegen und in Fig. 3 mit Q' und R' bezeichnet sind.

In Fig. 1, Taf. 64, wo die Rippen und kreisförmigen Bänder durch parallele Doppellinien angedeutet sind, ziehe man die Mittellinie AB der Rippe, in welcher der fragliche Stein liegt, und zeichne ihren Aufriß CD; dieser gilt zugleich für alle Rippen des Gewölbes. Zunächst müssen nun die Fugen an der Leibungsfläche gezeichnet werden, wie solche die punktierten Linien zeigen. Die nach A zu konvergierenden strahlenförmigen Stoßfugen sind vertikal, weshalb ihre Projektionen auf die Rückenfläche des Gewölbes mit der auf die Leibung zusammenfallen; nun ziehe man FMX konzentrisch mit CD in einem Abstande gleich der Stärke des Gewölbes, oder die Rippe über AB. In den Punkten N, Q und S errichte man die Normalen NM, QP und SR und bringe die Punkte M, P und R in den Grundriß nach m, p und r. Aus A zeichne man nun die Kreisbogen ma, pc und rg, so erhält man die obere horizontale Operationsfläche der Steine NP und QR, wobei die Linien TP und OR diese Flächen im vertikalen Durchschnitt zeigen. Um den dritten Stein SX zu vollenden, ist es nötig, zuerst die Gestalt der Scheitellinie über GH zu bestimmen, da der Stein in der Horizontalprojektion eine von vier Lager- und zwei Stoßfugen begrenzte sechseckige Figur zeigt. Von den vier Lagerfugen sind die beiden gt und wx konkave Flächen, die beiden anderen tw und dy aber Ebenen; erstere sind einander kongruent, weshalb es hinreicht, eine derselben zu bestimmen; letztere aber müssen jede für sich gesucht werden und hierzu ist die Kenntnis der Gestalt der Gratrippe erforderlich.

Da die Bogenrippen eines Fächergewölbes alle dieselbe Krümmung haben, so können die Scheitellinien nicht mehr horizontal sein, jedoch auf folgende Weise gefunden werden. Fig. 2, Taf. 64, stelle in ABCD den Grundriß des Gewölbteiles in Fig. 1 dar, und AC, AE, AF, AG und AD die Horizontalprojektionen der von A ausgehenden Rippen. Die Krümmung dieser Rippen zeichne man mittels des Bogens aP, bringe die Punkte C, E, F, G und D nach c, e, f, g, d und errichte die Senkrechten cP, eN, fM, gL und dK, so sind durch P, N, M, L und K die Höhen der Punkte C, E, F, G und D gegeben; errichtet man daher in letzteren Punkten Perpendikel und zieht aus den Punkten P, N, M, L und K die Horizontallinien Pp, Nn, Mn, Ll und Kk bis an diese Perpendikel, so giebt eine durch p, n, m, l und k gezogene stetige Kurve die Gestalt der Scheitellinie über AB, Fig. 2, oder GH, Fig. 1. Es sei nun diese Linie in Fig. 1 nach gh übertragen und eine Parallele g'h' in dem erforderlichen Abstande gezogen, um die Stärke des Gewölbes anzudeuten. Der Durchschnitt des Steins B in einer durch die Mitte der Gratrippe gelegten lotrechten Ebene und die Gestalt der Lagerfugen tw und dy kann jetzt sofort gezeichnet und der Stein NP, Fig. 1, auf folgende Weise ausgearbeitet werden: Man zeichne auf die geebnete oder Operationsfläche die Form macp aus dem Grundrisse Fig. 1 und den Bogen bq; arbeite die Stoßfugen senkrecht auf diese Fläche und zeichne darauf die Form NMTPQ dieser Fugenfläche; bearbeite die auf der Operationsfläche in am senkrechte konkave Seitenfläche und ebenso die in bq. Fig. 3, Taf. 64, zeigt den Stein soweit bearbeitet in isometrischer Projektion; tTP ist die Kante der oberen Operationsfläche, NMTPQ eine der auf dieser Fläche senkrechten Stoßfugenflächen, tTMm die auf derselben Fläche senkrechte konkave Seitenfläche. Um den Stein zu vollenden, wird noch die Bearbeitung der beiden Lagerfugen MNmn und PQ erfordert. Letztere wird leicht erzeugt, wenn man mittels eines biegsamen Lineals auf der konvexen Seitenfläche eine horizontale Linie durch Q zieht und von dieser bis zu der auf der oberen Operationsfläche durch P bereits gezogenen Bogenlinie den Stein geradlinig abarbeitet. Man kann diese Fläche auch mittels eines auf den Winkel TPQ, Fig. 1, gestellten Winkelmaßes darstellen. Die untere Lagerfuge MmnN erhält man, wenn man entweder auf der konkaven Seitenfläche tTMm die horizontale oder mit tT parallele Linie Mm zieht, und dann die Fugenfläche selbst mittels eines nach dem Winkel TMN in Fig. 1 gestellten Winkelmaßes bearbeitet, oder wenn man die untere Fläche Z des Steins (wenigstens teilweise) mit der oberen parallel bearbeitet, darauf den Bogen kn aus Fig. 1 nach Nn, Fig. 3, überträgt, auf den Stoßfugenflächen die Linien MN und mn zieht, diese als Leitlinien betrachtet und danach die Fläche MNmn selbst bearbeitet. Die nun noch fehlende untere Leibungsfläche des Steins ist sehr leicht darzustellen, denn wir haben nur daran zu erinnern, daß die unteren Begrenzungslinien der Stoßfugenflächen, von denen NQ, Fig. 3, eine zeigt, als Leitlinien anzusehen sind, und auf diesen das Richtscheit zu führen ist, um die Leibungsfläche zu erhalten. Auf ganz ähnliche Weise wird auch der knaufähnliche Stein B, Fig. 1, zu bearbeiten sein.

Bei großen Fächergewölben hat man, um die Steine leichter zu machen, einen bedeutenden Teil der oberen horizontalen Operationsfläche weggehauen, so daß sie die

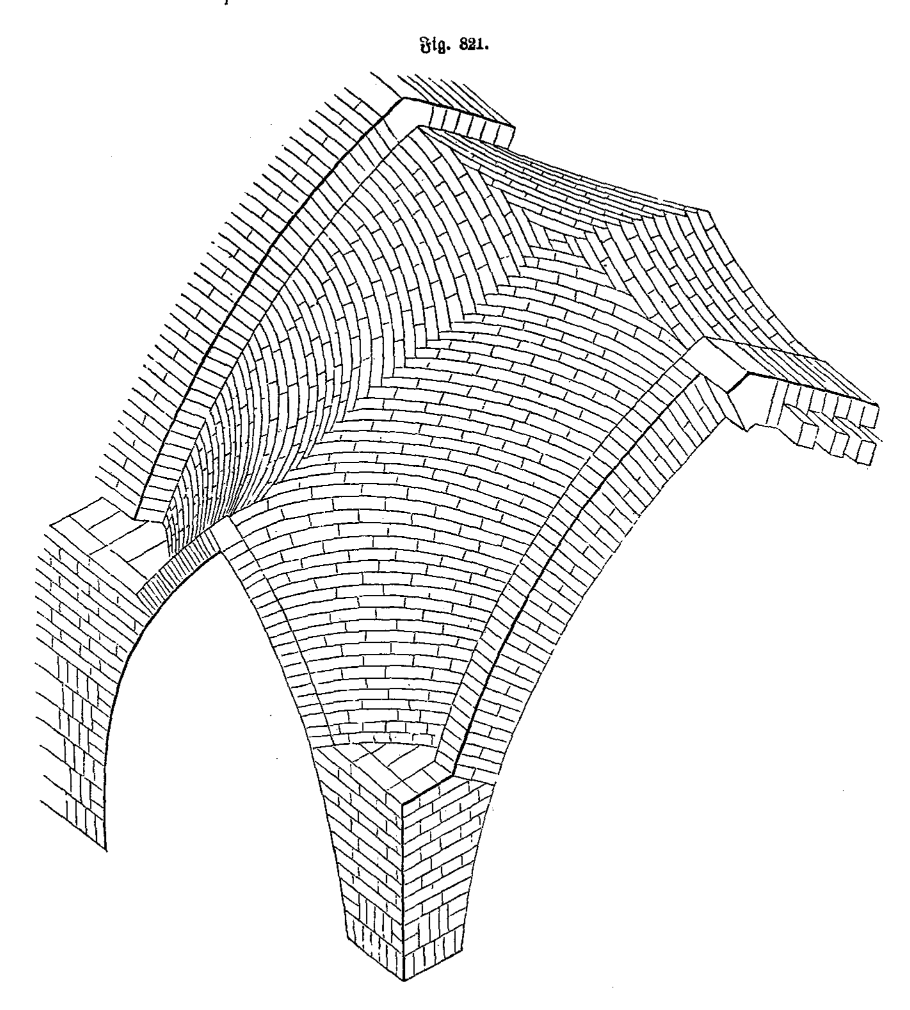
in Fig. 1a, Taf. 64, und Fig. 3, Taf. 63, dargestellte Form erhielten, indem man die in Fig. 1, Taf. 64, mit E bezeichneten Teile fortnahm.

Diese Gewölbe sind meistens sehr dünn ausgeführt, so daß die Stärke derselben, centrisch mit der inneren Leibung gemessen, selbst bei ca. 9 m Spannung nur 10 bis 12 cm beträgt.[1]) Hierbei gehen dann aber einzelne Hauptrippen, die oberhalb aus dem Gewölbrücken herausragen, in einer Stärke von etwa 30—36 cm von einem Fußpunkt der Fächer zum anderen, um so die schwächeren Gewölbeteile gewissermaßen einzurahmen.

Sollen solche Gewölbe aus Backsteinen konstruiert werden, so bemerken wir zuerst in Bezug auf die Einrüstung, daß eine vollständige Einschalung dieser, aus den Mantelflächen von Kugelkonoiden zusammengesetzten Gewölbflächen nicht thunlich ist, sondern daß man sich begnügen muß, einzelne Lehrbogen aufzustellen. Solche Lehrbogen werden nötig sein: in Fig. 4, Taf. 64, auf den Projektionen der Stirnen AB, BD u. s. w., der Scheitellinien FG und HK, der Diagonalrippen AE, EB u. s. w. und, je nach der Ausdehnung des Gewölbes, über der Projektion einer Zwischenrippe wie BL und DL, oder über mehreren derselben wie CM, CN, DM und DN. Wie die Form aller dieser Lehrbogen gefunden werden kann, geht aus dem vorigen zur Genüge hervor, und wir bemerken daher nur, daß in E, wie bei den Kreuzgewölben, ein sogenannter Mönch aufgestellt werden muß, der die Bogen für die Diagonal- und Gratrippen unterstützt, und daß die Lehrbogen für die Zwischenrippen an die für die Gräte in den Punkten L, M und N u. s. w. angeschiftet und befestigt werden müssen. Fig. 5, Taf. 64, zeigt diese Lehrbogen in einem Durchschnitt nach FG, Fig. 4.

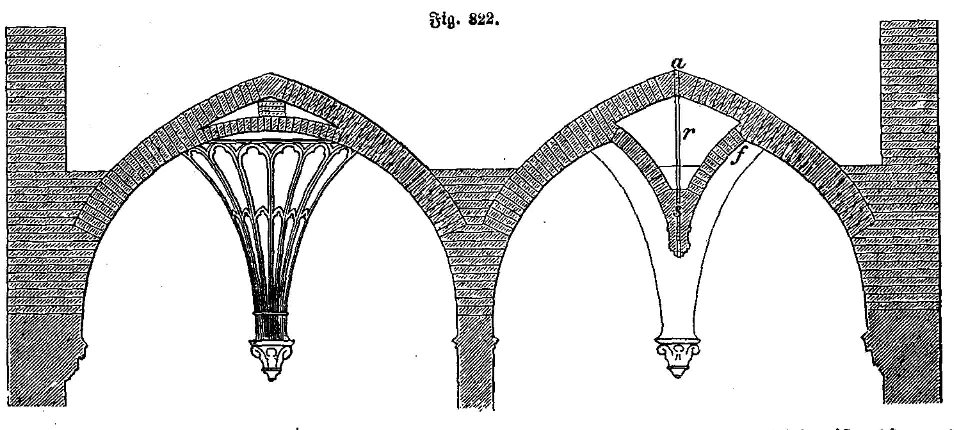
Bei der Darstellung des Mauerwerks selbst sind die unteren Teile der Fächer (beiläufig bis zur halben Höhe des Gewölbes) als eine solide Masse mit horizontalen

Fig. 821.



Lagerfugen aufzuführen, wobei die Steine, wenigstens in den unteren Schichten, wo der horizontale Krümmungs-

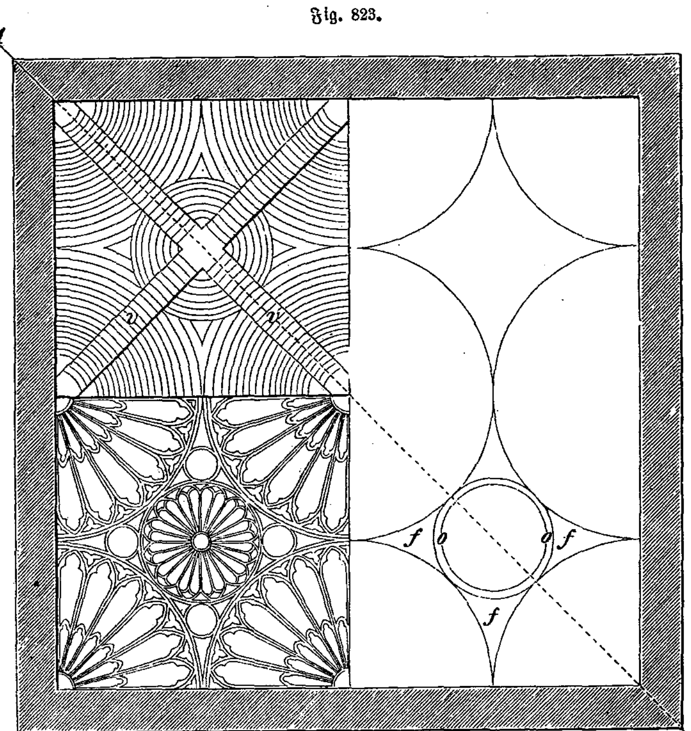
Fig. 822.



halbmesser der Leibungsfläche noch sehr klein ist, hiernach zugehauen werden müssen, weshalb es geraten sein möchte, diese Schichten aus Rollschichten zu bilden. An der oberen

1) Gewölbe der Kapelle Heinrichs VII. in Westminster, gegründet 1502.

Fig. 823.



Eine eigenartige Ausbildung erhielt das Fächergewölbe in der Spätzeit der englischen Gotik, wo es häufig einen tief herabhängenden reich dekorierten Schlußstein s erhielt, der, wie der Diagonalschnitt Fig. 822 zeigt, durch ein Hängeeisen r getragen wird, das durch zwei kräftige, das Gewölbe überragende Diagonalgurten v, Fig. 823, aufgehängt ist.[1]) Das obere Lager des Knaufes s ist nach einer abgestumpften Kegelfläche bearbeitet, und darauf ruhen die den Zapfen bildenden Wölbschichten; die letzte Schicht lehnt sich gegen den oberen Schlußkranz und bildet eine regelrechte Verspannung des Hängegewölbes mit den vier Konoiden und der Zwickelfüllung.

Die Diagonalgurten werden mit den Trichtern im Verbande eingewölbt und zum Schluß gebracht,

1) Ähnliche Bildungen finden sich übrigens auch bei Kreuzgewölben, so z. B. im südlichen Nebenschiff der Wernerskapelle zu Bacharach, siehe Bock, Rheinlands Baudenkmale, 4. Lieferung.

Begrenzung dieses vollen Mauerkörpers ist alsdann für den übrigen Teil des Gewölbes, auf die Breite eines halben Backsteins, ein konisches, auf die Krümmung der Rippen normal gerichtetes Lager darzustellen und hierauf dieser Teil einen halben Stein stark aufzuführen. Der Steinverband ist ganz wie bei einem Tonnengewölbe von derselben Stärke anzuordnen; und wenn das Gewölbe mit Verstärkungsrippen versehen werden soll, so sind diese analog denen in Fig. 549—552 angegebenen zu bilden. Zur Kontrolle für die richtige Darstellung der Gewölbform dient, außer den aufgestellten Lehrbogen, daß jeder horizontale Schnitt eines Fächers immer eine Kreislinie darstellt und jede Schicht daher in dieser Beziehung leicht geprüft werden kann.

Fig. 821 zeigt in isometrischer Projektion die Rückenfläche eines solchen, aus Backsteinen konstruierten mit Verstärkungsrippen versehenen Gewölbes.

Bei Gewölben über quadratischem Raum, wie Fig. 818, sollte nach der Kreislinie c eine verstärkte Rippe angebracht werden, welche der flachen Kuppel zum Widerlager dient; die dreieckigen Zwickel erhalten der besseren Verspannung wegen etwas Krümmung, wie dies der Durchschnitt, Fig. 4, Taf. 54, aus dem Saale der alten Börse in Frankfurt a. M. deutlich darstellt. Die früher erwähnten Verzierungen werden bei Backsteingewölben in Stuck oder aus gebrannten Thonplatten hergestellt.

Fig. 824.

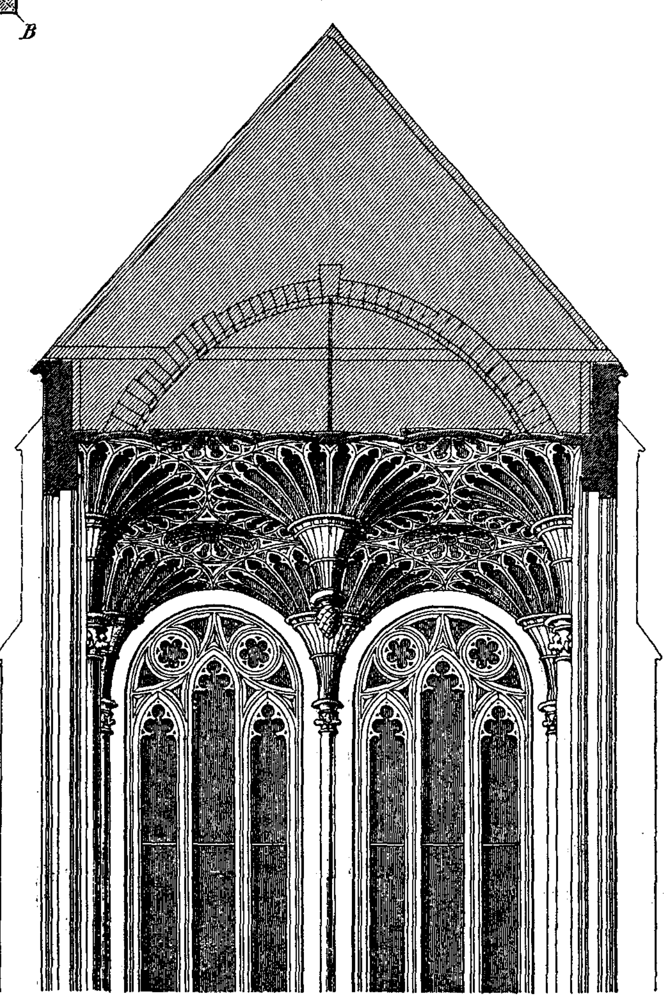
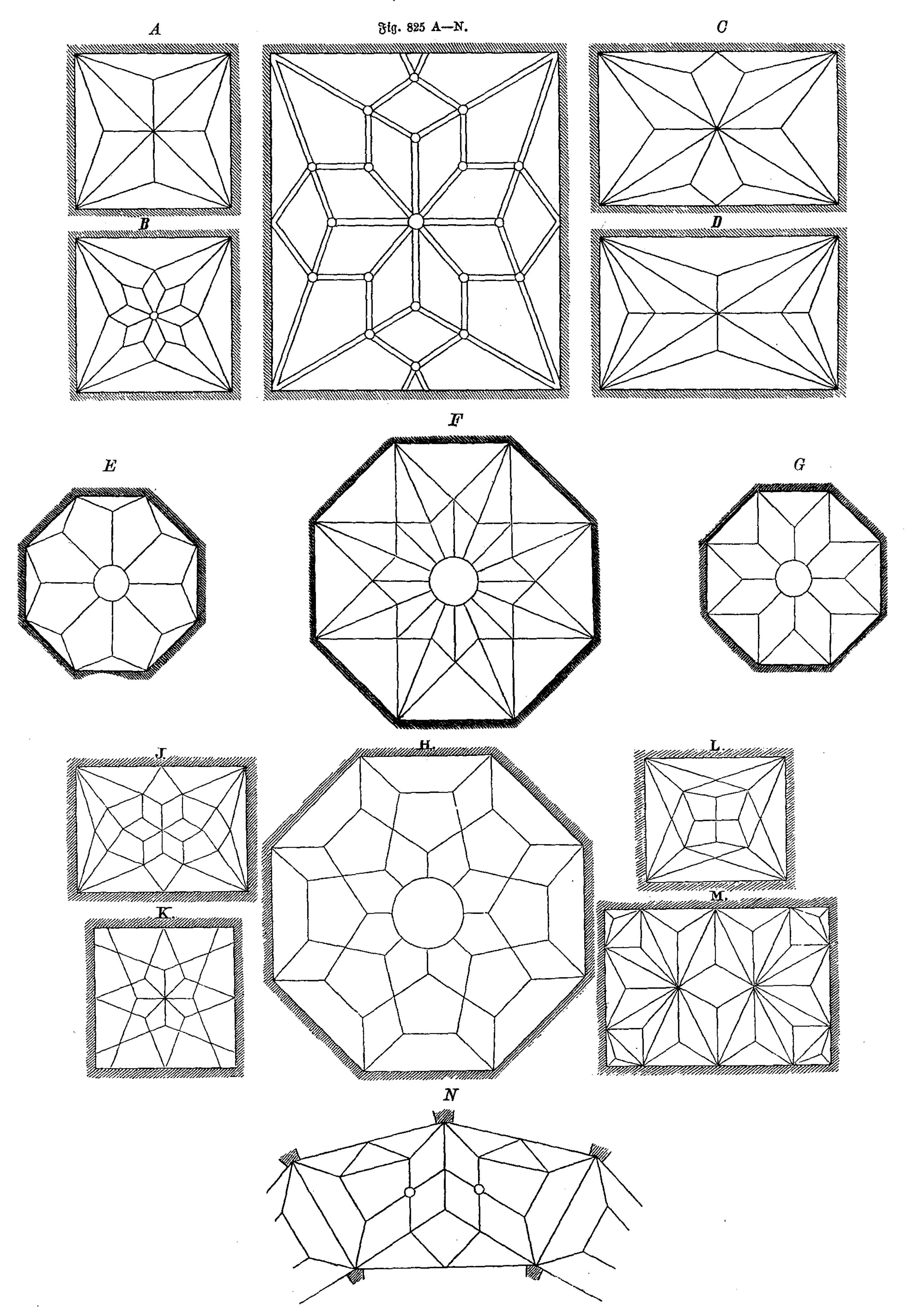
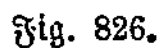
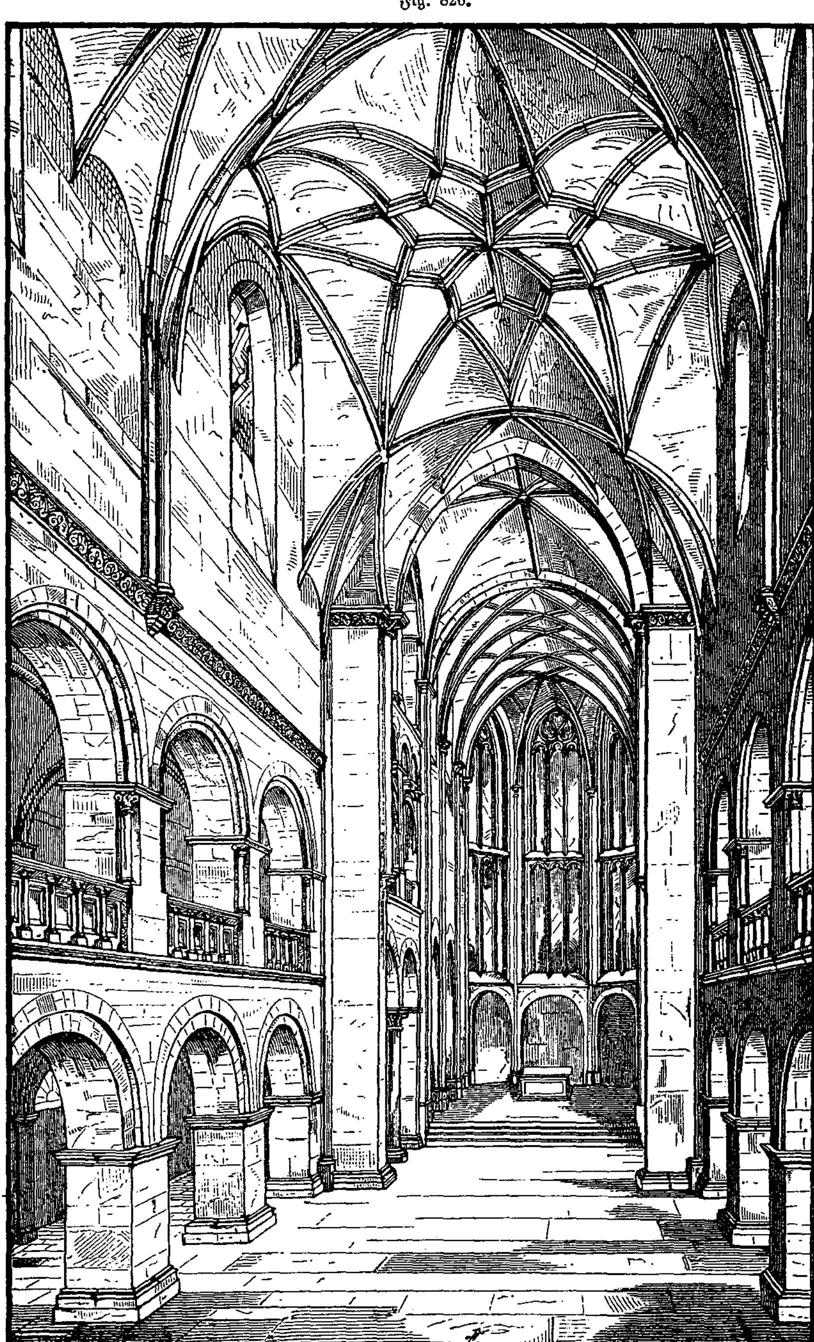


Fig. 825 A—N.



demnächst der Schlußstein s aufgehängt und das Hängegewölbchen eingespannt. Die Diagonalgurten sind auch konstruktiv nutzbar, wenn keine hängenden Trichter vorkommen, sondern in den Schlußring o eine Flachkuppel eingelegt wird, wie dies die linke Hälfte von Fig. 822 zeigt.


Fig. 826.



Vielfach wurden diese Gewölbe in den englischen Kathedralen und Klöstern sogar als hängende Gewölbe ausgeführt, indem die das mittlere Gewölbe stützende Säule wegblieb und durch einen mit einer kräftigen Eisenstange zwischen hochgeführten Spitzbogen aufgehängten Knaufstein ersetzt wurde, Fig. 824, wodurch diese Gewölbe mit ihrem reichen Maßwerk geradezu den Eindruck des Wunderbaren hervorrufen. Eins der glänzendsten Beispiele dieser Art bildet das Gewölbe der Kapelle Heinrichs VII. in Westminster.

K. Das Stern- und das Netzgewölbe.

§ 27.

Anordnung, Konstruktion und Ausführung.

Dieses Gewölbe zeichnet sich vor dem Kreuzgewölbe nicht durch Verschiedenheit seiner Konstruktion aus, sondern nur durch ein mehr verzweigtes System von Rippen, deren Horizontalprojektionen meistenteils sternförmige Figuren darstellen, Fig. 825 A—N, woher es seinen Namen erhalten hat. Es entsteht aus dem Kreuzgewölbe durch mehrfache Teilung der Kappenfelder mit Rippen, die teils wie die des Kreuzgewölbes von den Stützen ausgehen und Hauptrippen heißen, teils aber auch nur zur Verknüpfung oder Verspannung dieser letzteren, sowie zur Bildung bestimmter geometrischer Figuren beitragen und Zwischenrippen oder Liernen genannt werden. Fig. 826 zeigt ein solches Gewölbe aus der Liebfrauenkirche in Koblenz.[1]) Bei diesen Gewölben verschwinden häufig die Gurt- und die Kreuzrippen, oder die letzteren sind nur noch teilweise vorhanden, die Einteilung in Gewölbejoche hört auf und die Rippen gewinnen das Aussehen eines den Raum überspannenden Netzes; diese Gewölbe werden deshalb auch Netzgewölbe genannt, Fig. 825, J—M und Fig. 843.

Neben den mannigfaltigsten Zeichnungen der Stern- und Netzgewölbe im Grundriß findet man auch die verschiedensten Bildungsweisen, als Kreuzgewölbe mit und ohne Stich, mit und ohne Busen, als Tonnengewölbe mit und ohne Stichkappen, als Kloster-, Kugel- und Fächergewölbe. Der dadurch bedingte Reichtum dieser Gewölbe wird noch gehoben durch die häufig an den Kreuzungspunkten der Rippen angebrachten größeren Werkstücke, die sogenannten Knäufe oder Schlußsteine, die gewöhnlich rosettenartig behandelt sind.

1) Nach Bock, Rheinlands Baudenkmale.

Zur Beurteilung der richtigen Lage und gegenseitigen Abhängigkeit der Kreuzpunkte eines reichen Rippengewölbes denke man sich die Rippen eines einfachen Sterngewölbes durch gerade Stäbe ersetzt; die Kreuzrippen werden dann eine einfache Pyramide bilden, und die weiter eingelegten Zwischenrippen ergeben wieder dreiseitige Pyramiden, die sich auf jeder Seite der Hauptpyramide aufsetzen, siehe Fig. 827. Sind die drei Punkte A, B und S fest, so ist auch die Spitze E der kleinen Pyramide fest, und die Dreiecke ABE, BES und AES können wieder neuen Pyramidchen als Stützen dienen. Solange ein Hochdrängen der Spitze S verhütet wird, wird die kleine Pyramide haltbar sein, auch wenn sie flacher wäre als in der Figur gezeichnet. Wenn aber die Spitze E in die Grundfläche ABS hineinfällt oder gar unter ihr liegt, dann ist die Grenze der Haltbarkeit erreicht oder überschritten, und die Stäbe werden in das Lichte fallen.[1]) Hieraus folgt, daß jeder Kreuzpunkt oberhalb der Ebene liegen muß, die durch die Fußpunkte der stützenden Rippen gelegt wird, und daß jeder Kreuzpunkt von mindestens 3 Rippenästen gestützt sein muß, die so gerichtet sind, daß jede durch den Kreuzpunkt gelegte senkrechte Ebene beiderseits mindestens eine Rippe hat.

Fig. 827.

Ersetzt man die geraden Stäbe durch die bogenförmigen Rippen, so ergiebt sich ferner, daß sich die stützenden Rippen am Kreuzpunkt nicht nach innen einsenken dürfen, da eine Einsenkung ein Herabfallen des Kreuzstückes nach sich ziehen müßte, wenn von gekünstelten Konstruktionen abgesehen wird.

Form und Belastung des Gewölbes müssen dabei derart sein, daß ein Hochdrängen des Gewölbscheitels ausgeschlossen ist (siehe die statische Untersuchung der Bogenlinien bei dem Tonnengewölbe).

1) Ungewitter-Mohrmann, a. a. O., S. 42.

Für das Austragen der einzelnen Rippen ist weiter zu beachten, welche Hauptform das Gewölbe erhalten soll, wobei besonders die folgenden Typen zu unterscheiden sind:

a) Rippengewölbe nach Form der Kreuzgewölbe, Fig. 829.
b) Rippengewölbe nach Form der Fächergewölbe, Fig. 831.
c) Kuppelartig gebogene Rippengewölbe, Fig. 830.
d) Tonnenartig geformte Rippengewölbe, die sich über langen Räumen forterstrecken, Fig. 828.

a) Rippengewölbe nach Form der Kreuzgewölbe. Fig. 832.

Man nehme, wie bei dem Kreuzgewölbe, die Wandbogen AJ′ und AK′, sowie die (in der Figur strichpunktierten) Scheitellinien K″S′ und J″S″ an, woraus sich nunmehr alle anderen Rippen darstellen lassen. Für die Rippen AH z. B. mache man HH $= h^0 H^0$ und halbiere H′A normal bis zum Schnitt mit der verlängerten AH, so ist m Mittelpunkt für Bogen AH′.

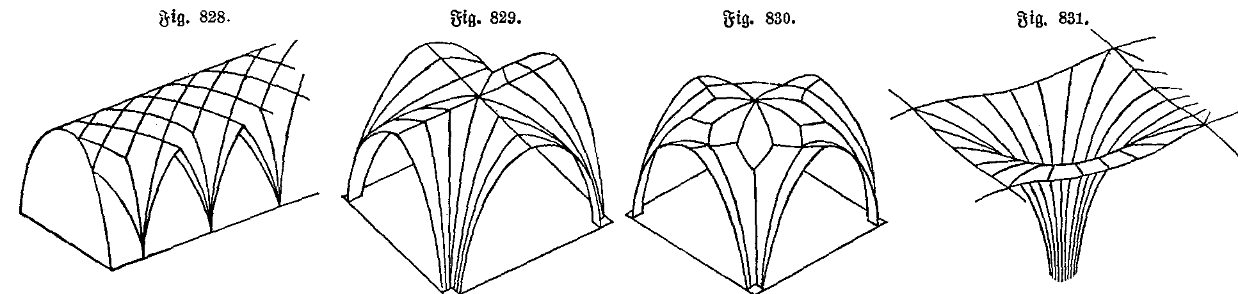
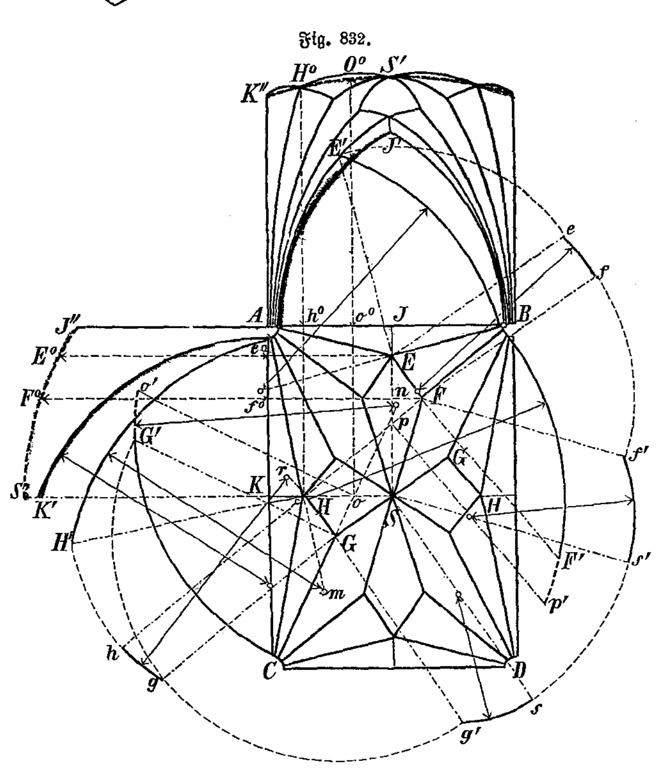

Fig. 828. Fig. 829. Fig. 830. Fig. 831.

Fig. 832.


Für die Rippe CG bilde man den Schnittpunkt o mit der Scheitellinie KS, mache $oo' = o^0O^0$ und bestimme den Mittelpunkt n für den Bogen Co', so ergiebt CG' die Gestalt der Rippe CG.

Für die Lierne HG sind jetzt die Punkte G und H bekannt; man mache Hh = HH', Gg = GG', so ergiebt sich Mittelpunkt r für den Bogen gh.

Man trage die Projektionen der Rippen AE, AD und AC nach Ae, Ad und Ac, errichte in B, e, c und d die unter sich und mit der Gewölbhöhe gleichen Perpendikel Bb', ee', cc' und dd'; bestimme ferner den Mittelpunkt für die untere, bis G reichende Krümmung aller Rippen auf Ad in F beliebig, und ziehe die Gerade GH durch F vorläufig unbegrenzt lang. Auf dieser Linie sind

Fig. 833

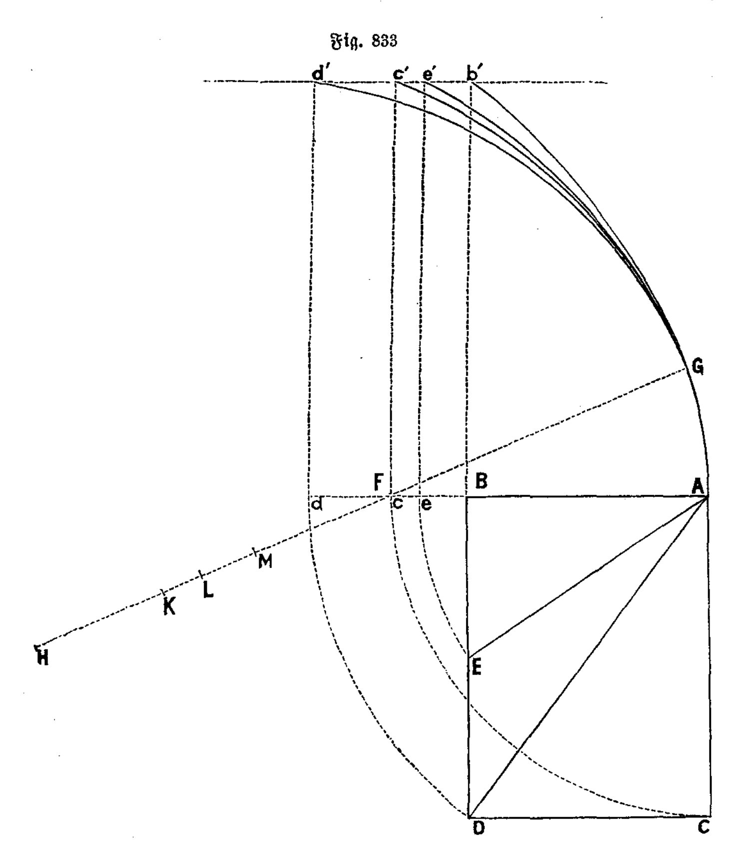
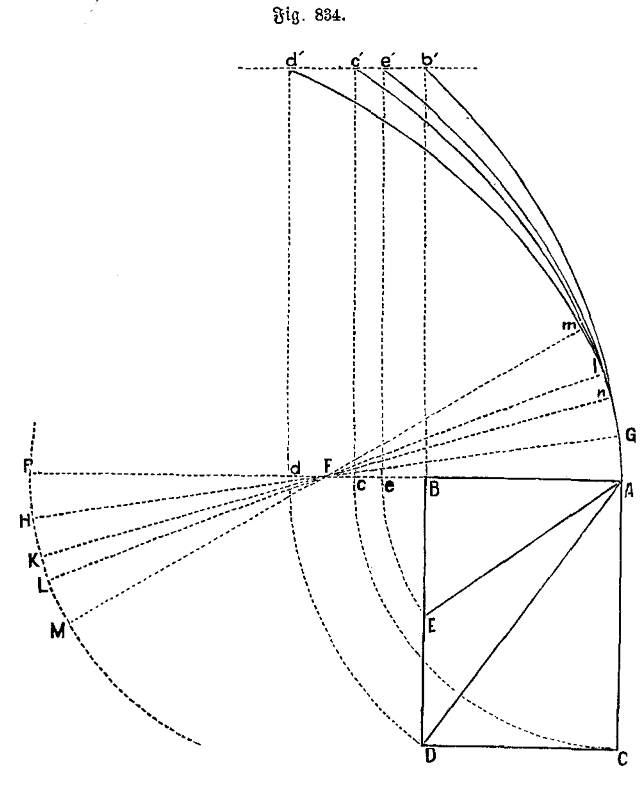


Fig. 834.



In derselben Weise sind die übrigen Rippenlinien GS, BE, BF und FS zu ermitteln, und es können alsdann zwischen die so verzeichneten Rippen die Kappen mit beliebigem Busen eingespannt werden.

Diese aus je einem Kreisbogen bestehenden Rippen haben sämtlich verschiedene Radien, was für die Wirkung nicht ungünstig ist (siehe Fußnote S. 266), die Ausarbeitung des gemeinschaftlichen Anfängers, besonders bei zusammenschneidenden reichen Rippenprofilen aber erschwert. Soll wenigstens für diesen Teil einerlei Krümmungshalbmesser erhalten werden, so können die Rippenlinien aus zwei normal ineinander übergehenden Bogenstücken zusammengesetzt werden, wie dies bereits für Fig. 768 gezeigt wurde.

Es stelle Fig. 833 in ABCD den vierten Teil des Grundrisses eines Gewölbes dar, und es seien der Einfachheit wegen die Scheitellinien horizontal, so daß alle Rippen gleiche Höhen haben, und dd' bezeichne diese Höhe.

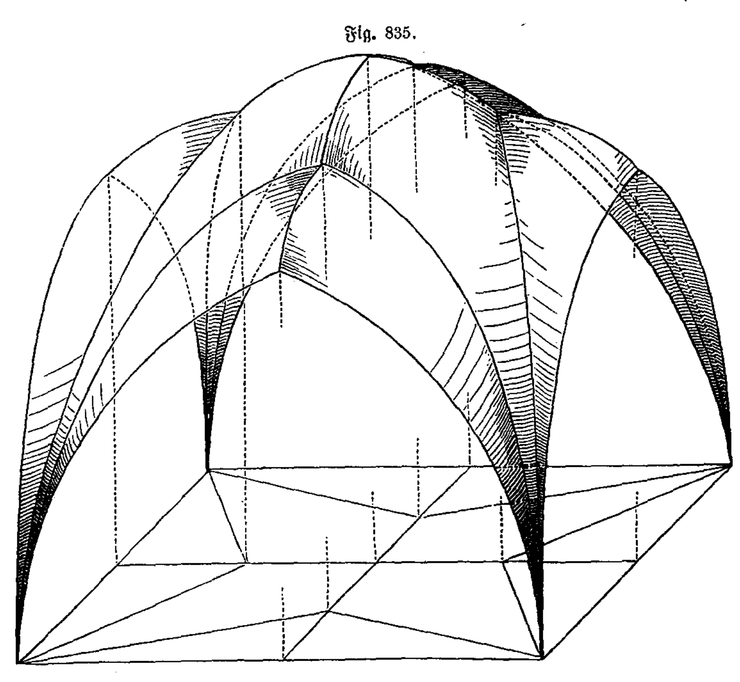
dann die Mittelpunkte H, K, L und M für die Kreisbogen Gb', Ge', Gc' und Gd' auf die bekannte Weise leicht zu finden.

Setzt man ferner fest, daß die oberen Bogen der Rippen ebenfalls, wie die unteren, gleiche Krümmungshalbmesser haben sollen, so können die unteren Bogen nicht mehr einerlei Höhe behalten, sondern der Übergang der Bogen ineinander muß in verschiedenen Höhen stattfinden.

Es stelle Fig. 834 in ABCD wieder den vierten Teil der Horizontalprojektion des Gewölbes dar, und es seien die Projektionen der Rippen über AE, AD und AC wie vorhin nach e, c, d gebracht, auch die Höhe sämtlicher Rippen mittels einer durch d', parallel mit Ad gelegten Geraden bestimmt; ebenso die Perpendikel Bb', ee', cc' und dd' gezogen und auf Ad oder deren Verlängerung der Punkt F als Mittelpunkt für die unteren Bogen der Rippen angenommen, endlich der gemeinschaftliche Halb-

messer der oberen Bogen gleich A P gegeben. Mit dem Unterschiede F P der beiden Krümmungshalbmesser A P und A F beschreibe man von F aus einen Kreisbogen P M; in diesem liegen die Mittelpunkte der oberen Bogen; und sie werden gefunden, wenn man mit dem Halbmesser A P, von den Punkten b′, e′, c′ und d′ aus, den Kreisbogen P M in den Punkten H, K, L und M schneidet. Zieht man nun durch die so gefundenen Punkte und durch F gerade Linien H G, K n, L l und M m, so sind von F aus, mit dem Halbmesser F A, die unteren Bogen A G, A n, A l, A m, und von den Punkten H, K, L, M die oberen Bogen G b′, n e′, l c′, m d′ zu ziehen; die Punkte G, n, l und m bezeichnen dann die stetigen Übergänge der Bogen ineinander.

Fig. 835.



Nach einer anderen vielfach angegebenen Methode kann die Verzeichnung der Rippen auch in der Art erfolgen, daß die Hauptbogenlinie — der sogenannte Prinzipalbogen — über einem im Grundriß gebrochenen Rippenzuge angenommen wird. So sei auf Taf. 65 ein Sterngewölbe im Grundriß, Fig. 1, und im Durchschnitt durch die Scheitelrippe, Fig. 2, dargestellt.

Nach der Formbestimmung der das Quadrat der Grundfigur umgebenden Rippen wird die Mittellinie a b c, Fig. 1, nach a′ b′ c′, Fig. 3, getragen, über c^1 die Scheitelhöhe c^2 angenommen und der Bogen $a^1 c^2$ gezogen, nebst den beiden Kreisbogen, welche den Anschlag und die obere Begrenzung oder die Rippenstärke bezeichnen. Hierauf wird mit Hilfe des Grundrisses und Fig. 3 durch Annahme mehrerer Vertikalschnitte die Projektion der Rippen in Fig. 2 ausgeführt, wobei $b^2 c^3 = b^3 c^2$ in Fig. 3 ist. Der Busen der Kappe ist so angenommen, daß er so ziemlich nach der Richtung $b^2 c^3$ der Scheitelrippe geht. Da der dreiarmige Knaufstein bei b, Fig. 1, beim Übergang der Hauptrippen in die Scheitelrippe einen unschönen Absatz erhält, wie der Durchschnitt, Fig. 2, zeigt, welchen man bei derartigen Gewölben durch einen mit Wappenschild oder Rosette dekorierten Knauf verdeckte, so haben wir auf der rechten Seite des Durchschnittes, Fig. 2, eine kleine Abänderung eintreten lassen, die nämlich darin besteht, daß der Bogen $a^1 c^2$, Fig. 3, bei b^3 eine horizontale Unterbrechung erleidet, und zwar soweit, als die in Fig. 1 punktierte Mittellinie a b c das bei b punktierte Dreieck durchläuft, wodurch dieses Dreieck eine Fläche darbietet, an welche sich die Rippen anschließen können. Da die Rippen bei b unter beliebigen Winkeln sich begegnen, so wird die kleine Unterbrechung der Mittellinie nicht störend wirken. Die Anfänger A A, welche zwölf Rippen aufnehmen, sind so hoch angenommen, daß die Rippen frei voneinander abgehen können. Auf der rechten Seite, Fig. 2, sind die Rippen ohne Kappengewölbe, auf der linken dagegen mit der Ausmauerung angegeben. Zu diesem Zweck ist die Aufstellung eines Lehrbogens nach der Mittellinie der mit Busen zu versehenden Kappe zweckmäßig. Die Zeichnung solcher Lehrbogen ist einfach; so ist z. B. die Höhe des über a c nach a k, Fig. 1, umgeklappten Bogens aus Fig. 2 zu entnehmen. Die Höhe des Kurvenpunktes m′ wird nun z. B. dadurch bestimmt, daß man zur Höhe des Punktes l oder n, welche aus Fig. 3 zu finden ist, die Pfeilhöhe, welche die Kappenschicht l n erhalten soll, addiert, wodurch sich die Ordinate m m′ ergiebt. Naturgemäß muß mit der Abnahme der Länge der Kappenschichten auch ihre Pfeilhöhe abnehmen, was durch die Ähnlichkeit der eingezeichneten Dreiecke leicht ermittelt werden kann.

Fig. 835 giebt eine Darstellung dieses Gewölbes in isometrischer Projektion.

Die Konstruktion nach einem Prinzipalbogen über einem gebrochenen Rippenzug ist nur mit Vorsicht anzuwenden, da es vorkommen kann, daß die nach dieser Konstruktion verzeichneten Rippen an der Kreuzungsstelle eine Einknickung erhalten, was den einfachsten Bedingungen der Haltbarkeit widerspricht.

b) Rippengewölbe nach Form der Fächergewölbe.

Fig. 836.

Bei dieser Konstruktion, bei der die sämtlichen Rippen in der Leibungsfläche eines Fächergewölbes liegen, wird der Prinzipalbogen über der Diagonale angenommen, und

zwar als Spitz-, Flach- oder Rundbogen, wonach dann alle anderen mit demselben Krümmungsradius geschlagenen Bogen abgeleitet werden. In Fig. 836 ist die halbe (in Wirklichkeit nicht vorhandene) Diagonalrippenlinie B S als Spitzbogen über B′ S′ aus dem Mittelpunkte M verzeichnet; man mache B′ E′ = B E, B′ F′ = B F, B′H′ = B H u. s. w. und ziehe die Lote E′ e′, F′ f′ u. s. w., so stellen die Bogenstücke B′e′, B′f′, B′h′ u. s. w. die entsprechenden Rippenlinien dar.

Fig. 836.

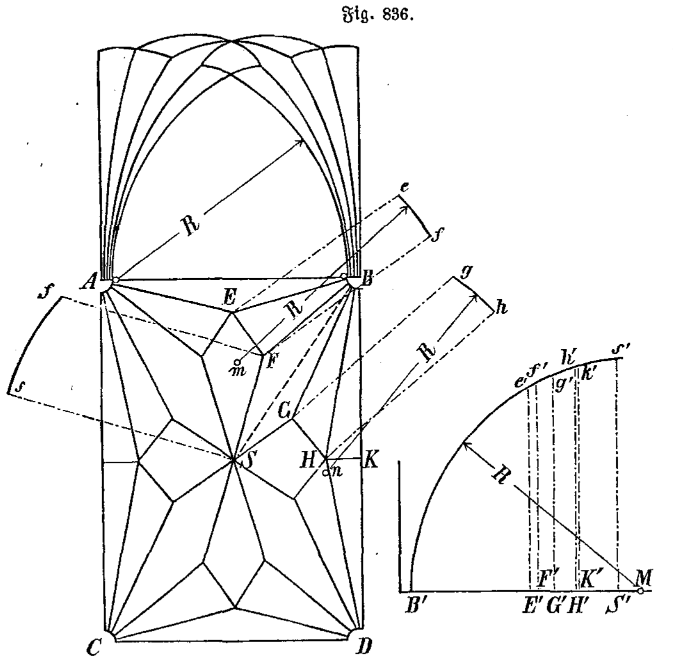
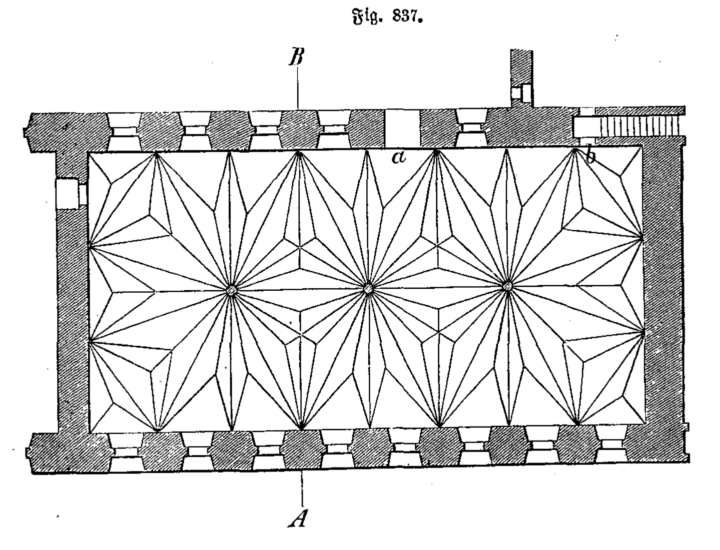
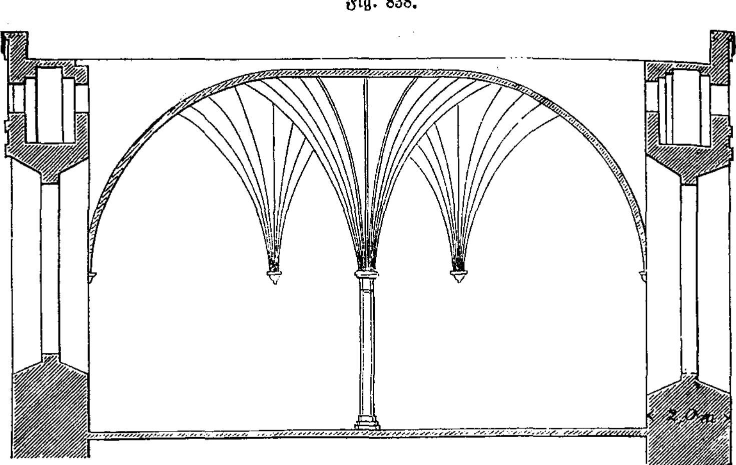


Fig. 837.



Nachdem die Höhenlage der Kreuzpunkte E, F, G, H bekannt, können auch die Rippen EF, GH, FS u. s. w. eventuell durch Bestimmung je eines Zwischenpunktes verzeichnet werden. In vielen Fällen wird es möglich sein, auch diese Rippen mit demselben Halbmesser R zu ziehen, so daß alle Rippen derselben Bogenlinie angehören, wodurch sich die Herstellung der Rippensteine und die Einrüstung wesentlich vereinfachen. Unter allen Umständen muß aber darauf geachtet werden, daß die Scheitel-

Fig. 838.



rippen im Scheitelpunkte S des Gewölbes thatsächlich ihren höchst liegenden Punkt erhalten, und sich nicht etwa gegen den Scheitel hin senken, da im vorliegenden Fall die stützenden Diagonalrippen fehlen. Die Kappen werden mit entsprechendem Busen dazwischen gespannt. Beispiele derartiger Rippengewölbe in besonderer Großartigkeit und freiester Behandlung finden sich in den Bauten der deutschen Ordensritter in Preußen, und insbesondere in dem Hochmeisterschloß Marienburg in Preußen. Die bedeutendsten Räume enthält das Mittelschloß, 1309—1382 unter Dietrich von Altenburg und Winrich von Kniproda erbaut und in allen Geschossen durchweg gewölbt. Der bedeutendste Raum ist der Konventsremter, 30,13 m lang, 15,06 m breit und 9,50 m bis zum Gewölbescheitel hoch. Drei schlanke Granitsäulen von nur 39 cm Durchmesser tragen die fächerartige Wölbung, die ein reichgegliedertes Sternenmuster bildet, Fig. 837, das durch ein System von Hauptrippen entsteht, die sich von Säule zu Säule und nach den gegenüberliegenden Wandpfeilern spannen und unter sich durch Zwischenrippen verbunden sind. Der Durchschnitt, Fig. 838, ist nach der Linie A—B genommen und Fig. 839 giebt eine perspektivische Ansicht des prächtigen Raumes. Ein zweites großartiges Beispiel eines fächerartigen Sterngewölbes ist jenes im Remter des Hochmeisters, Fig. 840 u. 841. Der Raum bildet ein Quadrat von 13,8 m Seite und ist bis zum Gewölbescheitel 9,25 m hoch; eine achteckige, 4,23 m hohe, 39 cm dicke Stütze von rotem Granit trägt das kühne Gewölbe. Die durchgehenden Scheitelrippen ff′, f′c′, c′c und cf bilden ein horizontales Quadrat, von dem aus sich die Haupt- und Zwischenrippen nach den Wandkonsolen und der Mittel-

säule senken. Die 1,50 m hohen Anfänger bestehen aus Kalkstein, darüber beginnen die geformten Backsteinrippen und die 1/2 Stein stark ausgeführten Kappen. Der Durchschnitt geht nach der Linie abcc′b′d.

c) Kuppelartig gebogene Rippengewölbe.

Fig. 842.

Alle Rippen liegen auf einer Halbkugel, die durch die Ecken des Raumes geht. Soll irgend ein Rippenstück AH bestimmt werden, so verlängert man im Grundriß die Rippenlinie AH bis zum Schnitt mit dem Kugelkreis, schlägt über Aa den Halbkreis und zieht das Lot HH′, so ist Bogen AH′ die gesuchte Linie. Genau in derselben Weise verfährt man mit den anderen Rippenlinien, die sämtlich in der Figur ausgetragen sind.

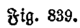
Um für die Gurten Spitzbogen zu erhalten, ist eine Art einschneidender Schilde anzuordnen, wie dies aus der Zeichnung zu ersehen ist.

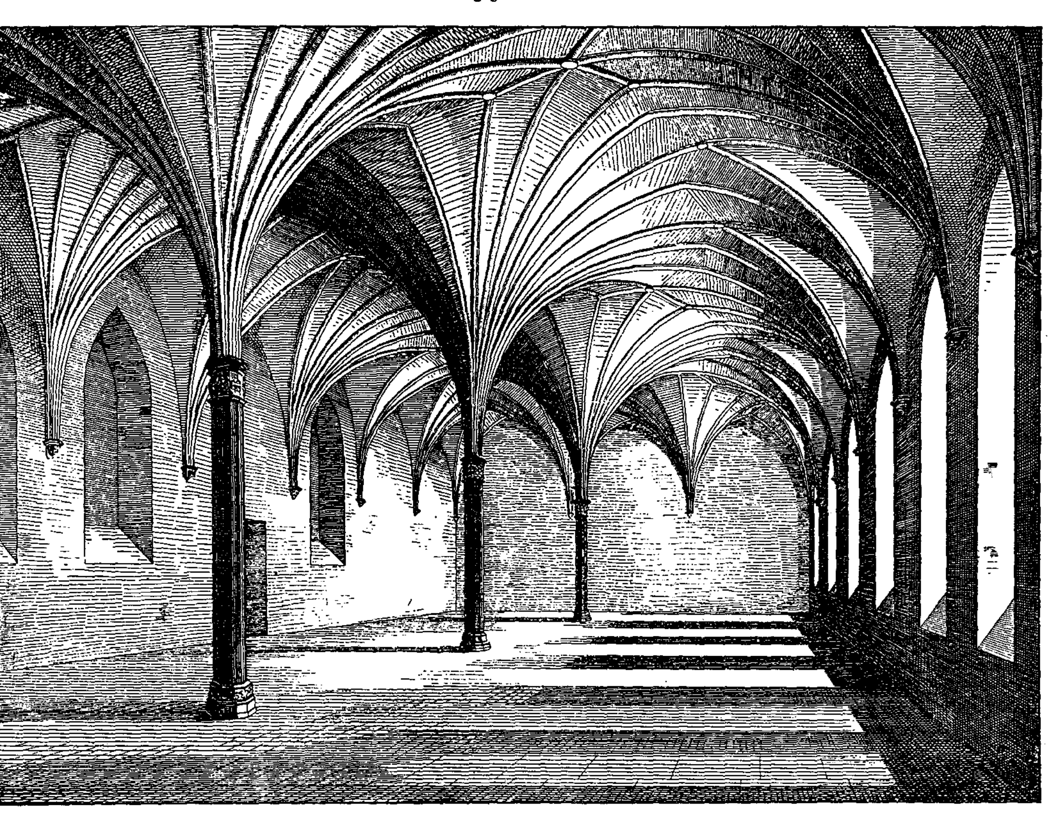
Da dieses Verfahren für die verschiedenen Rippen verschiedene Halbmesser liefert, können die in Fig. 833 und 834 angegebenen Konstruktionen verwendet werden, wenn einerlei Krümmungsradien erhalten werden sollen; die sich hiernach ergebenden Bogenlinien werden nur sehr wenig von den reinen Kugelschnitten abweichen.

d) Tonnenartig geformte Rippengewölbe.

Die tonnenartigen Netzgewölbe finden gewöhnlich über langgestreckten Räumen Verwendung. Die Form pflegt man in der Weise zu bestimmen, daß man die schräg laufenden Rippen nach einem Spitzbogen, Halbkreis oder Korbbogen austrägt, so daß die schmälere Projektion dieses Bogens den Tonnenquerschnitt ergiebt. Bei diesem Gewölbe liegen somit alle Rippenpunkte, die in denselben Längenschnitt fallen, auf einer Horizontalen, wonach die sämtlichen Rippen, gleichgültig, unter welchem Winkel sie sich im Grundriß gegen die Widerlager schneiden, verzeichnet werden können. Fig. 843 zeigt ein einfaches Beispiel eines solchen Netzgewölbes. Gegenüber dem Tonnengewölbe besteht also der wesentliche Unterschied, daß die Aufrißform nicht für den Querschnitt des Gewölbes, sondern für eine schräg laufende Rippe festgelegt wird, und daß die Kappen, die auf die Rippen gewölbt und von diesen getragen werden, eine selbständige von der Tonnenfläche beliebig abweichende Busung erhalten.

Als Beispiele für derartige Netzgewölbe geben wir in Fig. 844 das schöne Netzgewölbe aus der Hauptkirche St. Jakob in Rothenburg a. d. Tauber,[1] und in Fig. 845 den Chor aus dem Münster in Ulm, 1449 von Matthäus Ensinger vollendet.[2]


Fig. 839.



Teils dekorative Lust, teils die hohe Entwickelung der Technik führten in der spätgotischen Periode dazu, bei den Rippengewölben die gerade Linie im Grundriß aufzugeben und sie durch allerlei Kurven zu ersetzen, wodurch die so beliebt gewordenen gewundenen Reihungen entstehen. Einfache Beispiele dieser Art geben Fig. 846 u. 847, und ein reicheres Fig. 848.[3] Dadurch verlieren die Rippen immer mehr ihre konstruktive Be-

1) Zeitschrift für Bauwesen, 1900, S. 453.
2) Nach Paulus, Kunst und Altertümer in Württemberg.
3) Wladislawscher Saalbau auf der Burg in Prag.

deutung, und es beginnt ein buntes Spiel mit dieser nur noch der Dekoration dienenden Form, was schließlich dahin führte, daß zwei Rippensysteme untereinander angebracht wurden, Fig. 849, häufig sogar so, daß das untere wie ein krystallisiertes Netz frei unter der eigentlichen Decke schwebte. Als Bild dieser technischen und künstlerischen Verirrung geben wir in Fig. 850 einen Teil des Rippensystems aus einer Kapelle der oberen Pfarrkirche zu Ingolstadt; hier zieht sich ein künstlich verschlungenes, naturalistisch gebildetes Pflanzengewinde mit tief herabhängenden Zapfen in krauser Linienführung ziemlich freischwebend unter der eigentlichen Decke hin, die selbst mit reich verschlungenen gewundenen Reihungen versehen ist.[1])

Fig. 840.

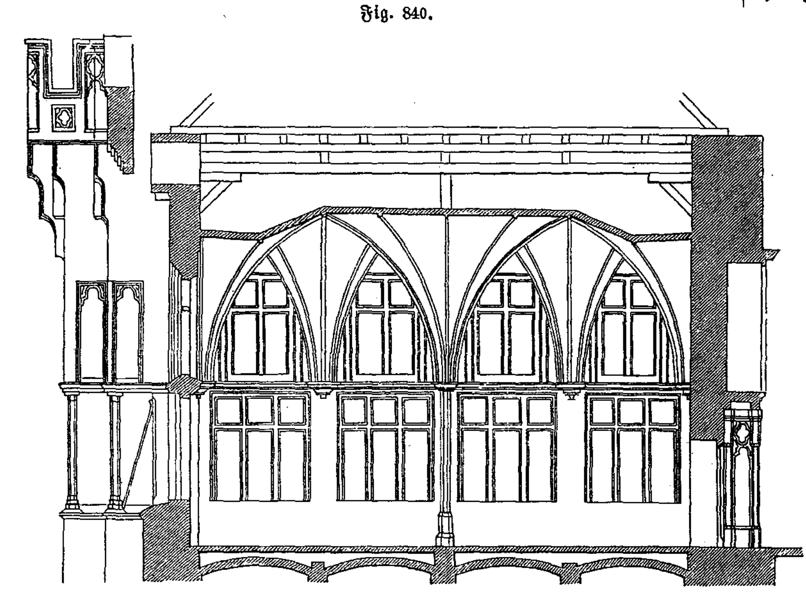
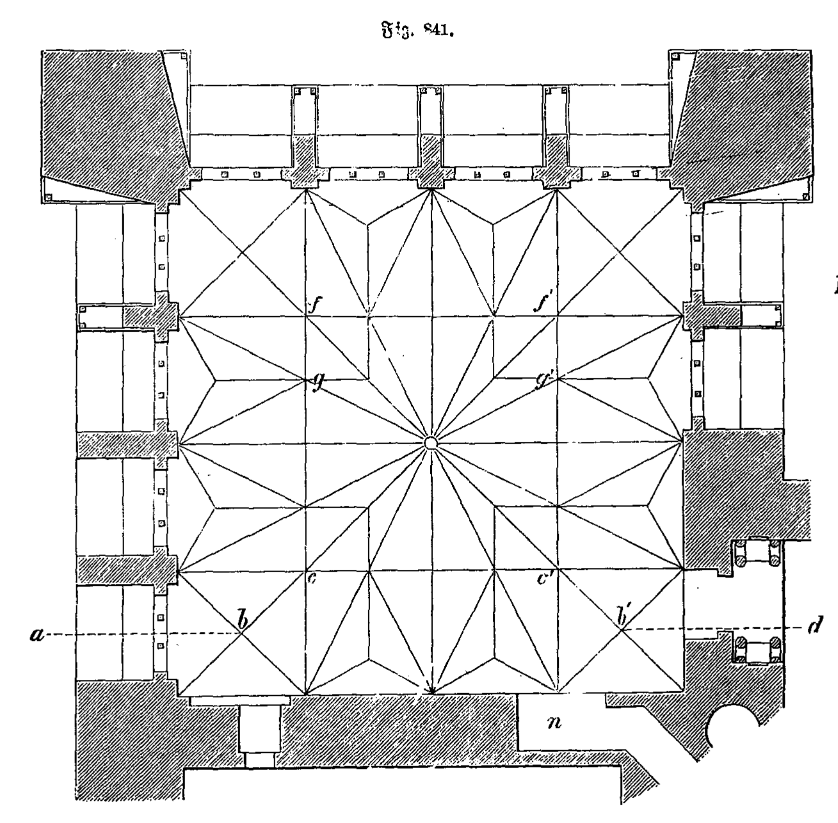


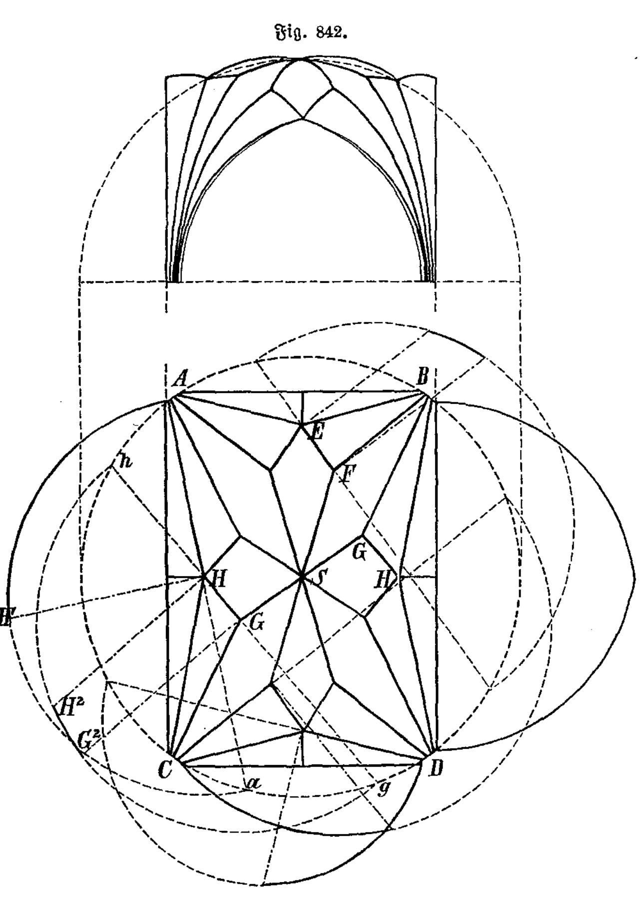
Fig. 841.



c) Zellengewölbe.

Eine anderweitige Ausbildung erfahren diese Netzgewölbe dadurch, daß die Rippen im Grundriß wohl geradlinig geführt werden, daß man aber die

Fig. 842.



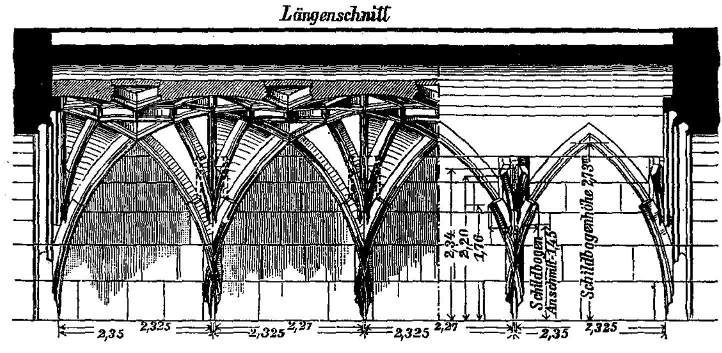
sphärisch gestalteten einzelnen Kappen durch tiefe dreiseitige Klostergewölbe — „Zellengewölbe" — ersetzt. Charakteristische Beispiele dieser stalaktitenartigen Wölbungen bietet insbesondere die 1471 von Meister Arnold aus Westfalen erbaute Albrechtsburg in Meißen, von der wir in Fig. 851 den Grundriß des zweiten Stockes, der diese Gewölbe enthält, und in Fig. 852 die Ansicht eines solchen mitteilen.

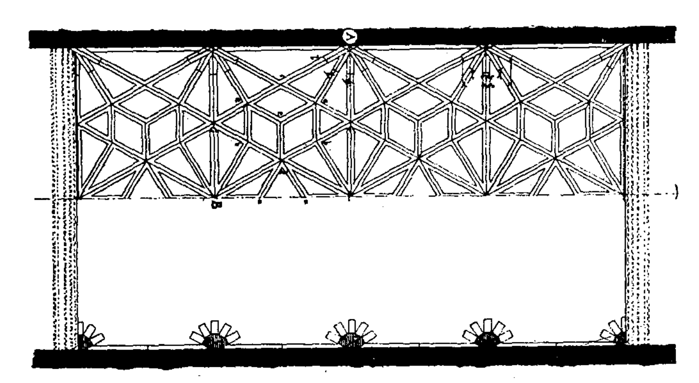
Ein interessantes Beispiel eines solchen Gewölbes findet sich in der Kapelle St. Peter in Branden-

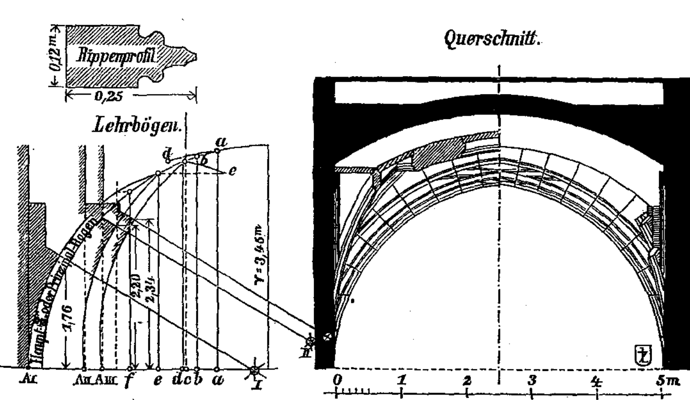
1) Dohme, Geschichte der deutschen Baukunst, S. 184.

Fig. 843.

Fig. 844.







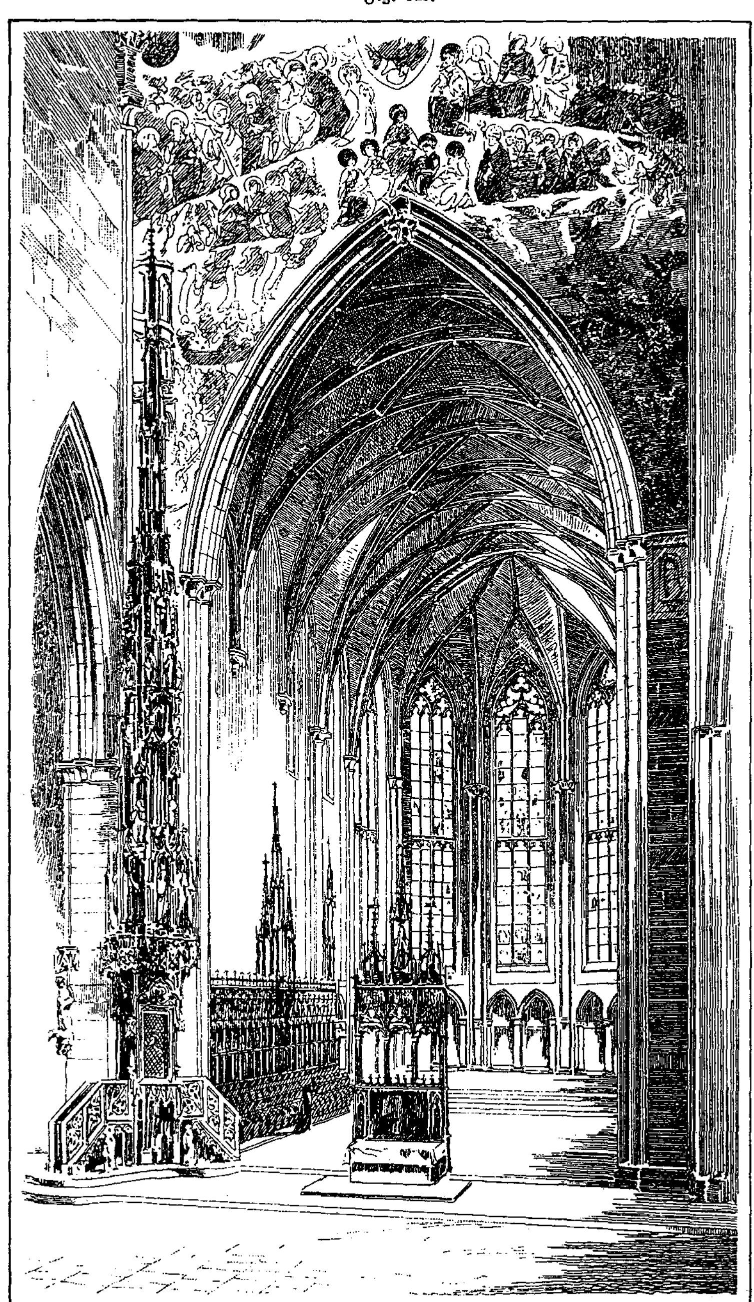
burg,[1]) die in Fig. 853 u. 853a im Grundriß und Querschnitt dargestellt ist.

Schließlich zeigen Fig. 854 u. 854a im Grundriß und Querschnitt das schöne Netzgewölbe mit Backsteinrippen aus dem Kapitelsaal des Klosters Neuzelle,[1]) dessen Grundform ein Klostergewölbe mit einschneidenden Stichkappen bildet und erkennen läßt, wie interessant sich die rippengeteilten Klostergewölbe ausgestalten lassen.

1) Adler, Norddeutsche Backsteinbauten.

Die Sterngewölbe sind übrigens nicht an die gotische Formensprache gebunden, sondern lassen sich auch bei den anderen Stilrichtungen überall da mit Vorteil verwenden, wo eine reiche dekorative Durchbildung der Gewölbe

Fig. 845.



angestrebt wird. Als hübsche Beispiele führen wir an: die Vorhalle aus dem Rathause in Eßlingen, die überaus malerische Bassinhalle aus dem 1575—1593 durch Meister Georg Behr erbauten „neuen Lusthaus" in Stuttgart, das 1846 abgebrochen wurde, Fig. 855, und die Treppenpodestgewölbe aus dem Schlosse zu Pau, aus dem 16. Jahrhundert, nach der kürzlich erfolgten Restaurierung, Fig. 1010.

Bezüglich der Ausführung und Einwölbung, worüber wir auf die Kreuzgewölbe verweisen, ist nur anzuführen, daß zuerst das Gerippe der aus Hau- oder Formsteinen gebildeten Rippen und Liernen auf Lehrbogen ausgeführt und alsdann das Kappengemäuer freihändig so dazwischen gespannt wird, daß seitliche Ausbiegungen der Rippen vermieden werden. Taf. 65 zeigt verschiedene Anordnungen dieses Kappengemäuers.

Fig. 846.

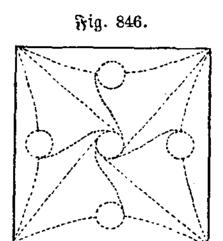


Fig. 847.

§ 28.

Statische Untersuchung der Kreuz- und Sterngewölbe und ihrer Widerlager.

Die Ermittelung der Druckverteilung in diesen komplizierten Gewölbeformen hat in derselben Weise wie bei dem Kugelgewölbe zu geschehen, so daß die Untersuchung getrennt für die Kappen und für die durch die Kappen belasteten Rippen erfolgen muß.

Obgleich der Kappenformen, vornehmlich bei den mittelalterlichen Bauwerken, ungezählte sind, so lassen sie sich doch bei aller Verschiedenheit vorwiegend in zwei Abteilungen zerlegen: In die nach einer Richtung gekrümmten tonnenartigen, und in die nach allen Richtungen gebogenen busigen Flächen.[1])

Zur Ermittelung des von den einzelnen Rippenstücken aufzunehmenden Druckes werden die tonnenartigen Kappenflächen in parallele Streifen, die busigen dagegen, wie bei

1) Ungewitter-Mohrmann, a. a. O., S. 49, und Deutsche Bauzeitung 1894, S. 510.

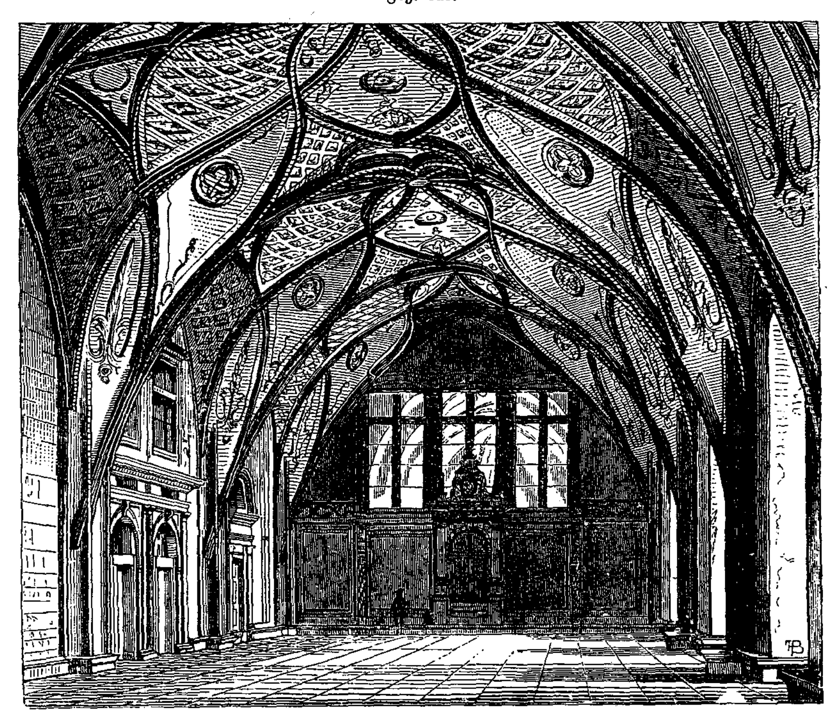
dem Kugelgewölbe, vom Scheitelpunkte der gebusten Fläche aus, in Meridianstreifen zerlegt und genau nach den früher gegebenen Methoden die Drucklinien in diesen Gewölbestreifen ermittelt.

So zeigt Fig. 856 ein halbpolygonales Chorgewölbe mit Tonnenkappen, wobei es natürlich gleichgültig ist, nach welcher Bogenlinie diese geformt sind. Jeder Kappenstreifen trägt seinen Anteil an Gewölblast und Schub auf das zugehörige Rippenstück, so daß der Rippenteil ab die beiden hier zusammenstoßenden schraffierten Streifen aufnimmt. Der Schub, den die beiden Streifen ausüben, muß, damit die Rippe nicht seitwärts ausbaucht, sich in der Richtung senkrecht zur Rippe aufheben.

Fig. 857—860 zeigen busige Flächen; in Fig. 857 liegen die Scheitelpunkte etwa in der Mitte der Kappenflächen, in S^1 und S^3, während in den zugeschärften busigen Kappenflächen, Fig. 858, jede Kappenhälfte anzusehen ist als ein aus einer kuppelähnlichen Fläche geschnittenes sphärisches Dreieck, so daß der mutmaßliche Gipfelpunkt S zu ergänzen und von ihm die Meridianstreifen einzuteilen sind.

Bei Stern- und Netzgewölben hat die Austeilung in ähnlicher Weise zu geschehen, Fig. 859 u. 860.

Fig. 848.



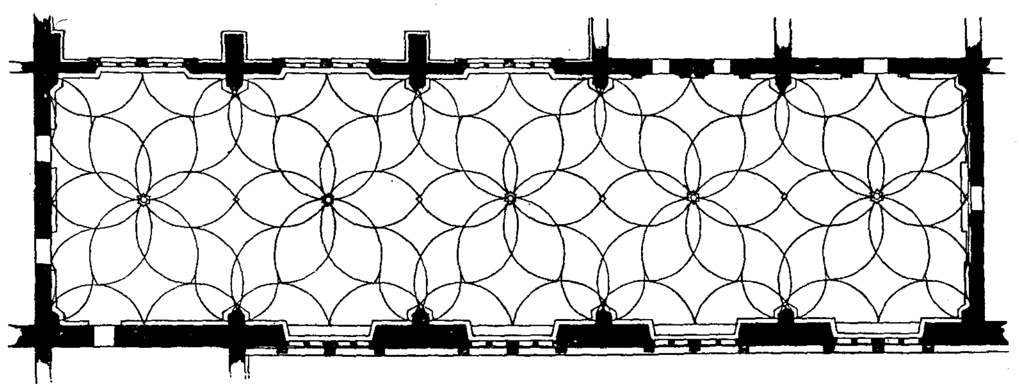


Fig. 849.

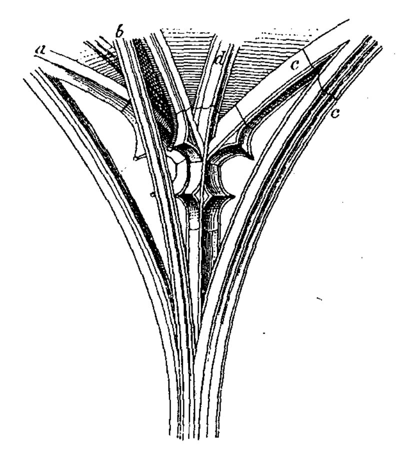


Fig. 850.

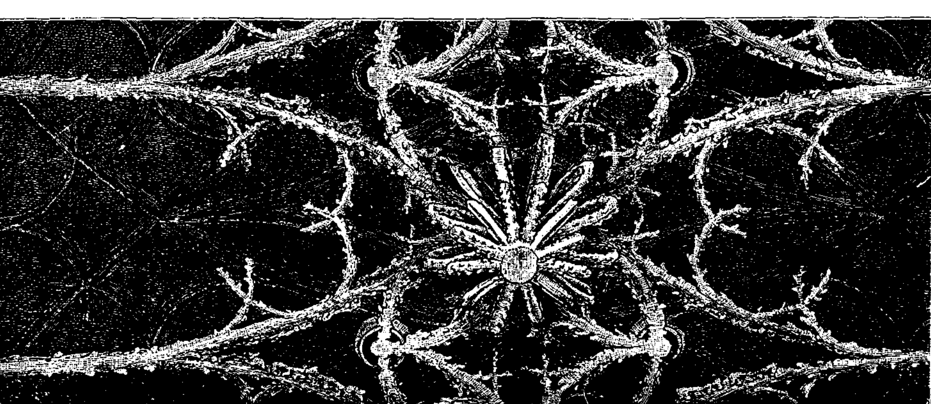
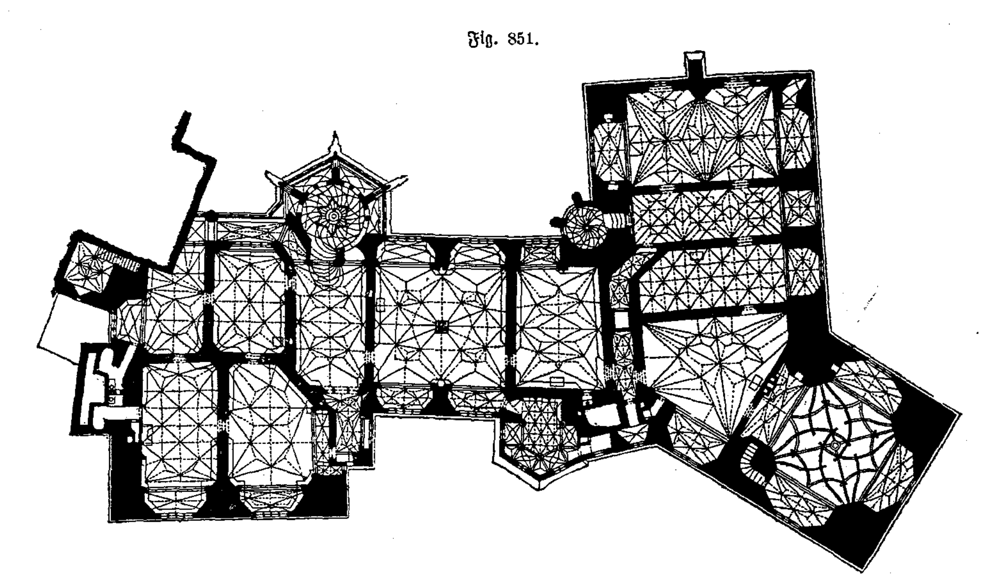
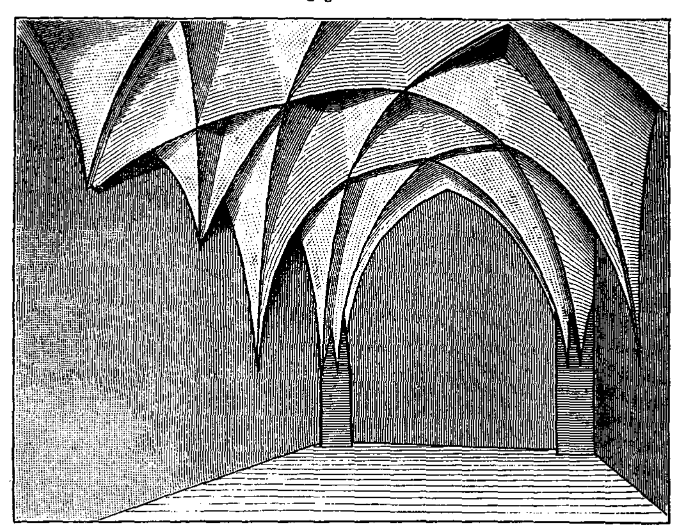


Fig. 851.



Nachdem die von den Kappenstreifen auf die Rippen übertragenen Beanspruchungen nach Fig. 734 bestimmt sind, kann nunmehr nach der in Fig. 735 gegebenen Methode die Drucklinie in der Rippe selbst gezeichnet und hiernach der auf die Widerlager ausgeübte Schub bestimmt werden. Die Ermittelung der Stärke der Widerlagermauern und Pfeiler hat dann in der bei den Tonnengewölben mitgeteilten Weise zu erfolgen.

Fig. 852.



Bei den hochliegenden Kreuzgewölben, wie sie in der kirchlichen Baukunst zur Überdeckung der Mittelschiffe verwendet werden, wird der Seitenschub häufig durch Strebebogen auf die niederen Seitenschiffmauern übertragen. Wir haben, Fig. 629, gezeigt, in welcher Weise die Drucklinie eines einhüftigen Bogens zu ermitteln ist, und es verbleibt somit nur die Aufgabe, die in dem zusammengesetzten System auftretenden horizontalen Beanspruchungen und Belastungen, deren Ermittelungen mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist, zusammenzusetzen, um die Schlußresultierende zu erhalten und danach die Mauer- und Pfeilerabmessungen in bekannter Weise zu ermitteln.

In Fig. 861 ist ein derartiges Gewölbesystem mit den Drucklinien und dem Kräfteplan dargestellt, zu dessen Erläuterung wir kurz folgendes bemerken: Im Mittelschiffsgewölbe sei die im Gurtbogen wirkende Resultierende c auf die früher angegebene Weise ermittelt; desgleichen im Strebebogen die Resultierenden e und g, und im Seitenschiffsgewölbe die Resultierende n. Nachdem noch die

Fig. 853.

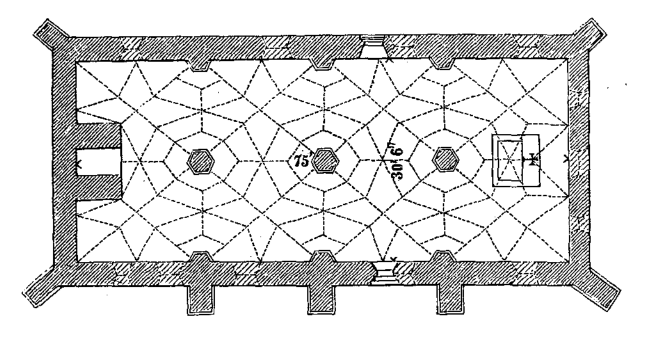
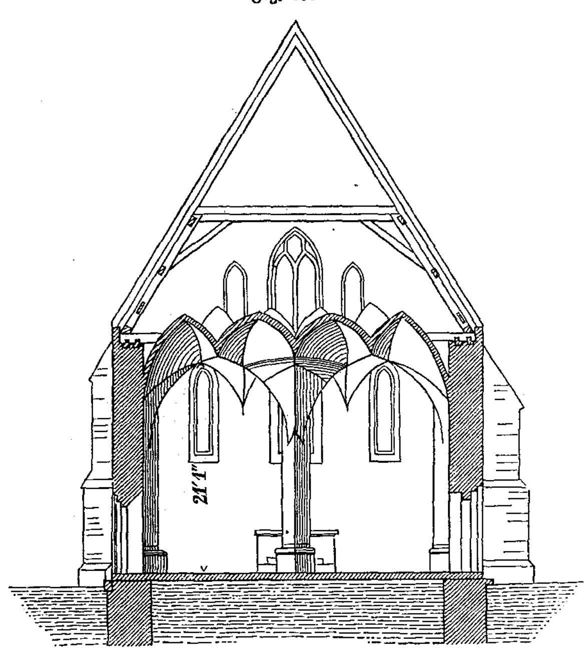
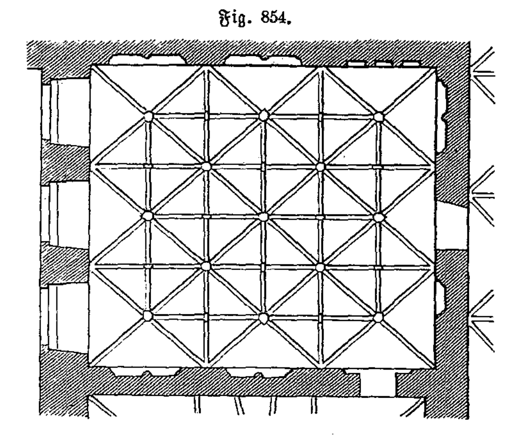


Fig. 853 a.



Dach- und die Pfeilerlasten und deren Angriffspunkte festgelegt sind, ergeben sich:

Fig. 854.



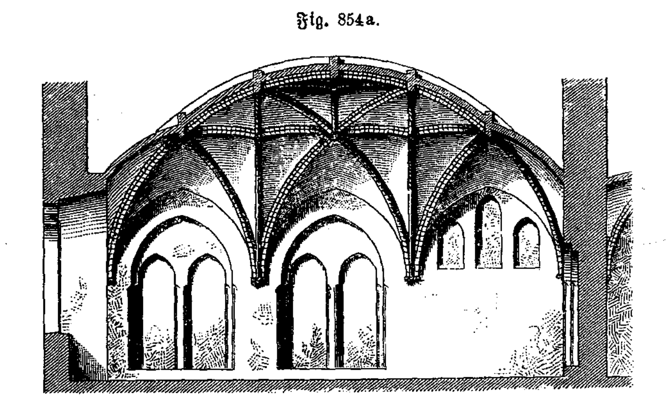
1. Aus c, d u. e durch das Seilpolygon 1, 2, 3, 4 aus dem Pol O die Resultierende r aus dem Punkte II,
2. aus r und s die Resultierende t aus dem Punkte VIII,

Fig. 855.



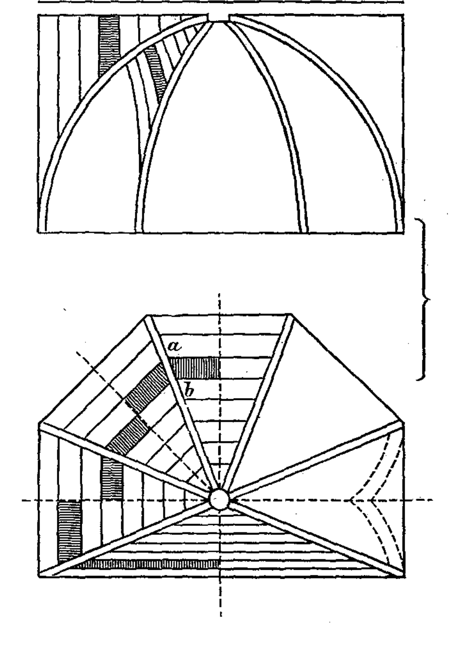
3. aus t und n die Resultierende v aus dem Punkte IX,
4. aus v und w die Resultierende z aus dem Punkte X, die sich nach H_1 und G_1 zerlegt, und wonach die Abmessungen des Pfeilers und des Fundamentes ermittelt werden können;

Fig. 854a.

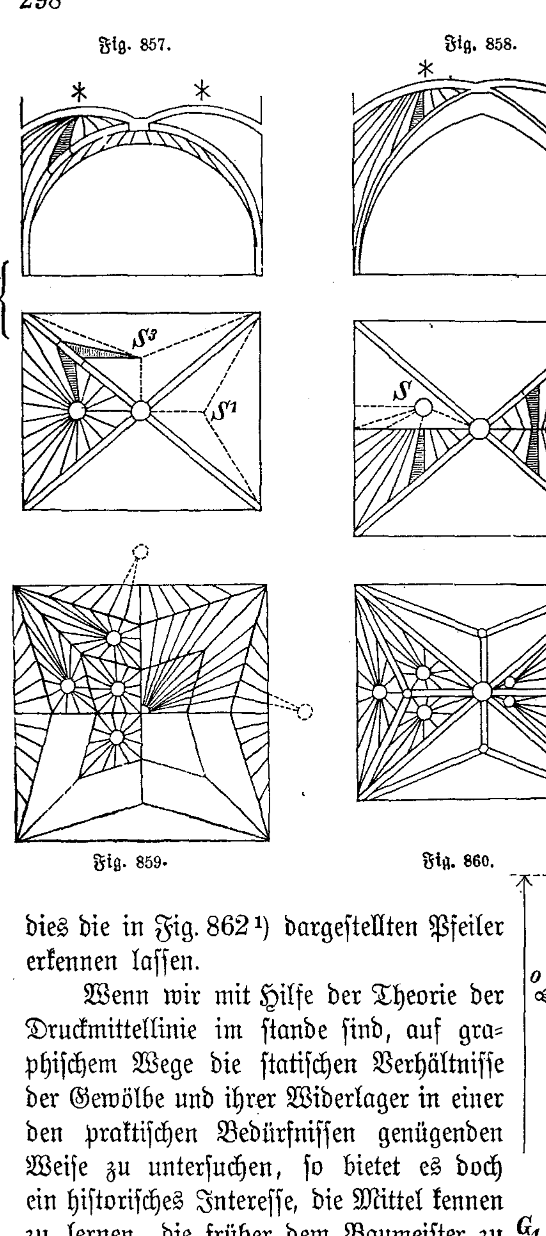


5. aus g, h und i durch das Seilpolygon 5, 6, 7, 8 aus dem Pol O^1 die Resultierende k aus dem Punkt IV,
6. aus n, p und k durch das Seilpolygon 9, 10, 11, 12 aus dem Pol O^2 die Resultierende q aus dem Punkt VI, die sich zerlegt nach H und G, woraus wieder die erforderlichen Abmessungen zu bestimmen sind.

Fig. 856.

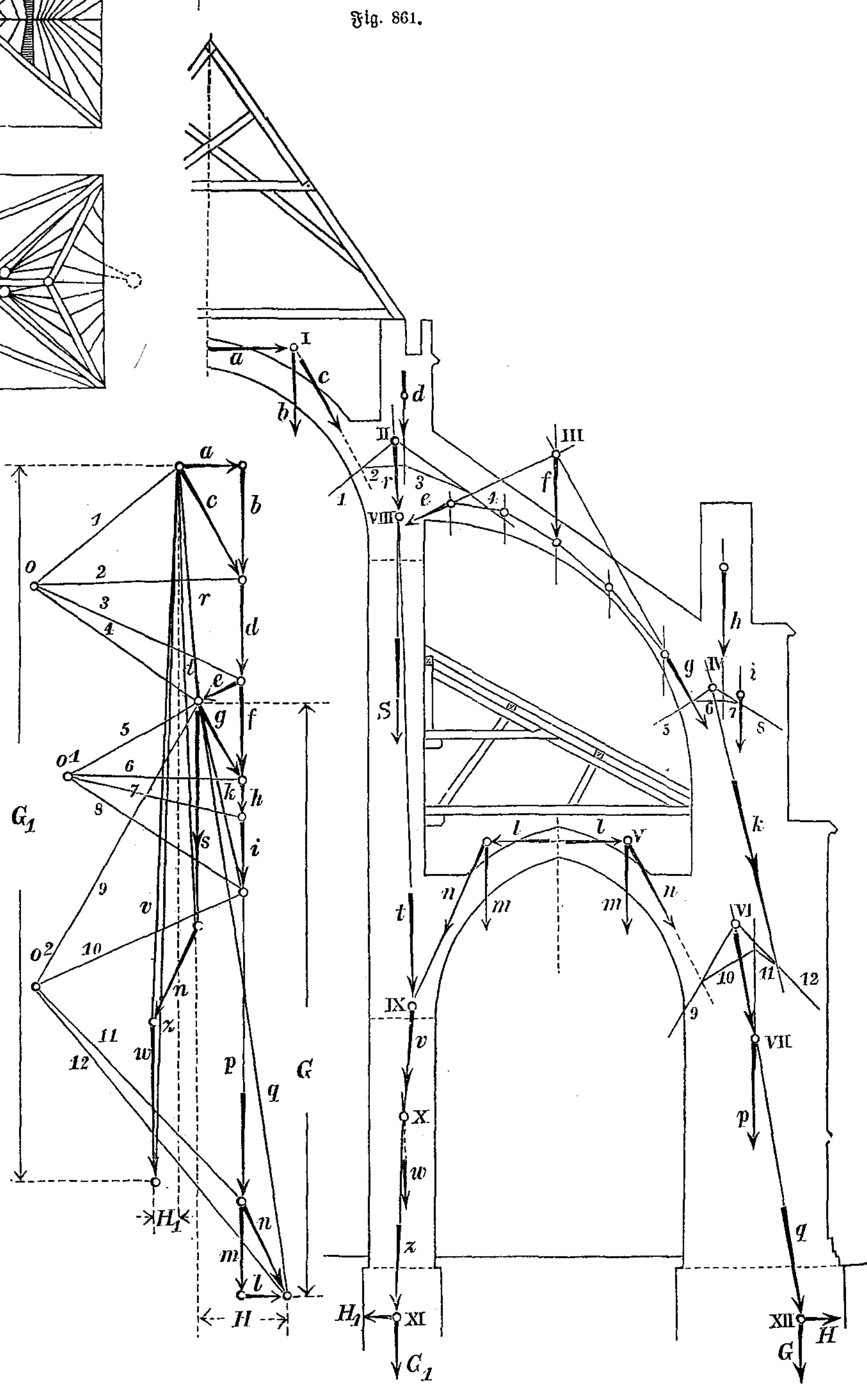


Je nach der Form des Strebebogens und dessen Anfallspunkt an den Pfeiler wird die Wirkung auf den Verlauf der Drucklinie des Gewölbes verschieden sein, wie


Fig. 857. Fig. 858. Fig. 859. Fig. 860.

und damit man hier den Seitenschub nur stellenweise aufzuheben hat, wählt man Gewölbformen, welche nur Pfeiler und keine Mauern zur Unterstützung erfordern. Dahin gehört in erster Linie das Kreuzgewölbe, welches besonders in der romanischen und der gotischen Bauweise ausgedehnte Verwendung fand und aus welchem sich das Sterngewölbe entwickelte. Ferner das Kappengewölbe mit horizontaler oder ansteigender Scheitellinie, sowie die böhmische Kappe. Bei einschiffigen Kirchen ergiebt sich nichts Neues, was nicht schon früher erörtert worden wäre,

Fig. 861.



dies die in Fig. 862[1]) dargestellten Pfeiler erkennen lassen.

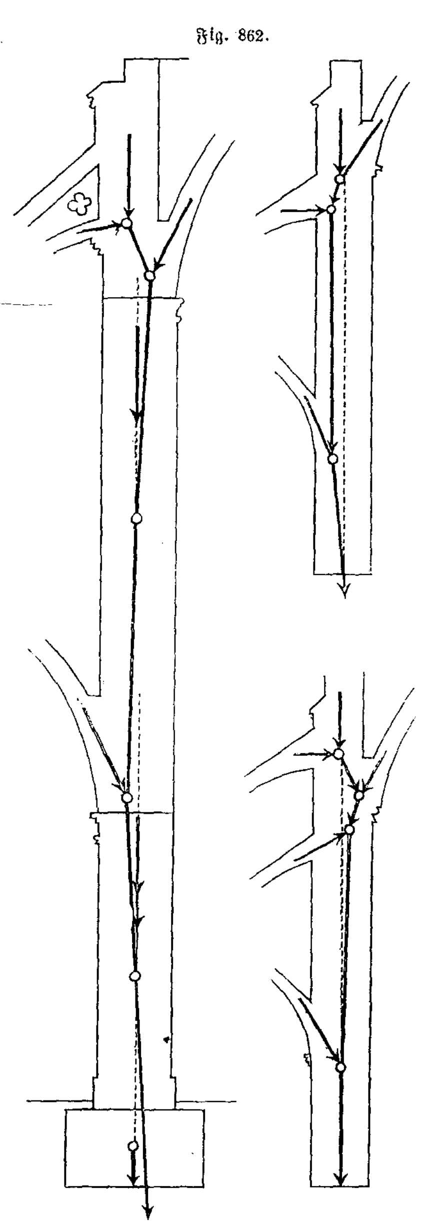
Wenn wir mit Hilfe der Theorie der Druckmittellinie im stande sind, auf graphischem Wege die statischen Verhältnisse der Gewölbe und ihrer Widerlager in einer den praktischen Bedürfnissen genügenden Weise zu untersuchen, so bietet es doch ein historisches Interesse, die Mittel kennen zu lernen, die früher dem Baumeister zu Gebote standen, um die Widerlagerstärken zu ermitteln. Wir können dies nicht besser thun, als indem wir die bezügliche Abhandlung aus der fünften von Herrn Oberbaurat Lang bearbeiteten Auflage dieses Handbuches, S. 309—312, mit einigen kleinen Änderungen hier wieder aufnehmen:

Daß mit der Höhe der Widerlager auch ihre Stärke zunehmen muß, indem durch die Zunahme der Länge des Hebelarmes das Moment des Seitenschubes wächst, ist nach dem bisher Vorgetragenen bekannt. Hohe Widerlager kommen aber insbesondere bei gewölbten Kirchen vor,

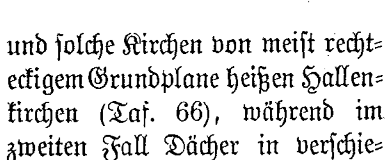
1) Nach Ungewitter-Mohrmann, a. a. O.

dagegen erhalten wir bei drei- oder mehrschiffigen Kirchen im Querschnitte Kombinationen von Gewölben von meist verschiedener Weite, welche entweder alle von gleicher oder von verschiedener Kämpferhöhe ausgehen. Im ersten Fall wird das Gewölbsystem mit einem gemeinschaftlichen Dache versehen,

Fig. 862.



und solche Kirchen von meist rechteckigem Grundplane heißen Hallenkirchen (Taf. 66), während im zweiten Fall Dächer in verschiedenen Höhen notwendig werden, und zwar meist ein Satteldach und zwei Pultdächer (Taf. 67 u. 68), wodurch sich allgemein die Basilikaform bildet.

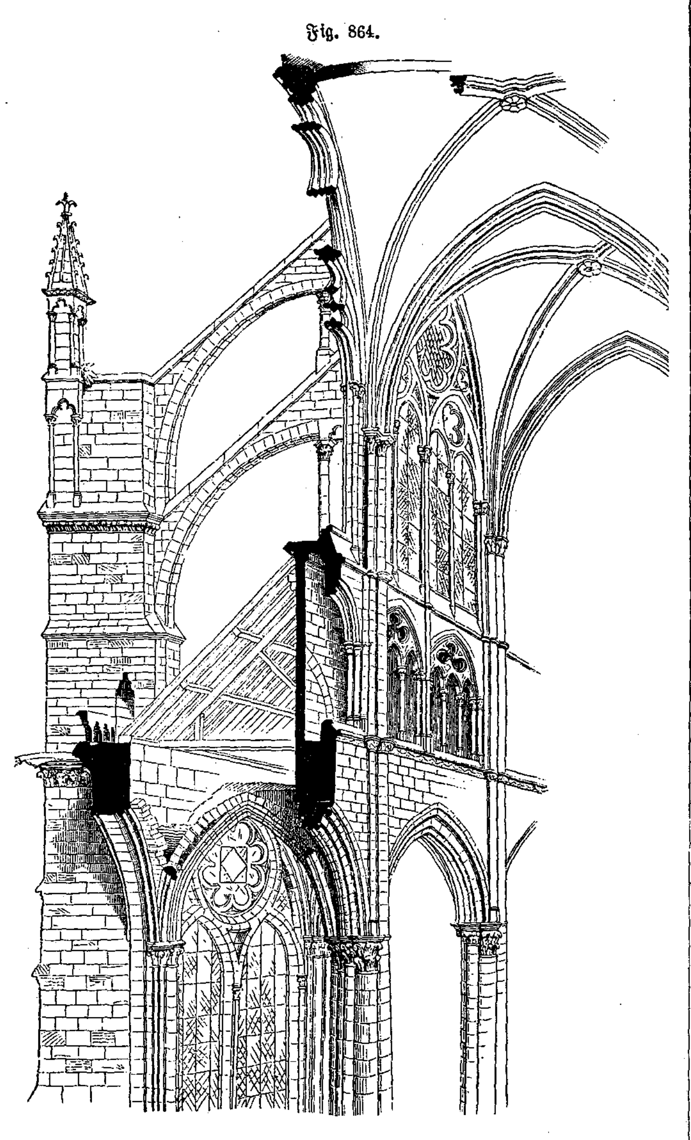


Es kann hier nicht der Ort sein, die verschiedenen Grundformen und Gewölbsysteme der Kirchen zu besprechen; wir wollen nur einige kleinere dreischiffige Kirchen darstellen, welche in vorkommenden Fällen als Anhaltspunkte dienen können.

Fig. 863. S. Hilaire in Rouen von L. Sauvageot

Taf. 67 stellt in Fig. 1—2 den Querschnitt und teilweisen Längeschnitt der katholischen Kirche in Bulach bei Karlsruhe,[1]) und Taf. 68 dasselbe von der katholischen Kirche in Untergrombach (einige Stunden von Karlsruhe) dar. Beide Kirchen sind von Hübsch entworfen, und die erstere auch von ihm ausgeführt

Fig. 864.



Die von Eisenlohr mit Ausnahme der Türme projektierte und nach seinem Tode von Oberbaurat Prof. Lang erbaute evangelische Kirche in Baden ist auf Taf. 66 im Querschnitt und teilweisen Längeschnitt dargestellt. Bei den drei Tafeln ist der Querschnitt jeweils zur Hälfte durch die Gewölbe, zur Hälfte durch die Pfeiler angenommen.

Gehen die Pultdächer der Seitenschiffe einer Kirche über die Kämpferlinie der höher gelegenen Mittelschiffgewölbe hinaus, so läßt sich deren Schub durch Strebebogen unter dem Dache nach außen überführen, wie dies in vorzüglicher Weise der perspektivische Querschnitt der von L. Sauvageot erbauten Kirche S. Hilaire in Rouen darstellt, Fig. 863,[1]) aus dem das ganze System der kreuzgewölbten dreischiffigen Kirchen mit voller Deutlichkeit hervorgeht. Bei höher aufragenden Mittelschiffen müssen Strebebogen über den Dächern der Seitenschiffe angeordnet werden, um diesen Zweck zu erfüllen, wie Taf. 69 u. 70 für einfache, und Fig. 864 für doppelte Strebebogen solche Beispiele zeigen. Das Stützen der Mittelschiffgewölbe durch Strebebogen geschieht aus dem Grunde, weil man den Mittelpfeilern, wenn sie nicht außergewöhnlich dick angelegt werden sollen, keinen Schub, sondern nur einen Druck nach der Richtung ihrer Achse oder höchstens nach der Richtung ihrer Diagonale zumuten darf.

Bei Taf. 68 wird der Schub des Mittelschiffbogens, welcher das Gewicht eines Gewölbefeldes zu tragen hat, durch einfache Strebebogen nach außen überführt; bei Taf. 67 hingegen sind, der Gewölbeform der Seitenschiffe wegen, noch zwei weitere tiefer liegende Bogen angenommen, welche hohl gemauert sind nach dem Fächersystem, um die Seitenpressung auf die Mittelpfeiler möglichst zu vermindern. Aus dem Grunde der Gewichtsverminderung sind sowohl die Quergurten des Mittelschiffes als auch deren Hintermauerung hohl konstruiert.[2])

In dem erwähnten Werke von Hübsch ist auf Seite 40—53 eine von ihm bei der Bulacher Kirche, Taf. 67, angewandte praktische Methode über die Bestimmung der Bogen- und Widerlagerstärke für jede Gattung und Zusammenstellung von Gewölben mittels eines graphischen Verfahrens angegeben. Indem wir unsere Leser dorthin verweisen, sowie die Ableitung der Gesetze der gemeinen Kettenlinie, welche bei der Hübschschen Methode

1) Über die Kirche in Bulach, namentlich in statischer Beziehung, möge man in den „Bauwerken von Hübsch, Karlsruhe bei Veith" nachlesen, sowie in der schon erwähnten „altchristlichen Architektur" von demselben. In letzterem Werke ist eine sehr lehrreiche Zusammenstellung von Querschnitten bestehender Kirchen aus verschiedenen Stilperioden zu finden, wobei namentlich auf die Stabilitätsverhältnisse besondere Aufmerksamkeit verwendet ist.

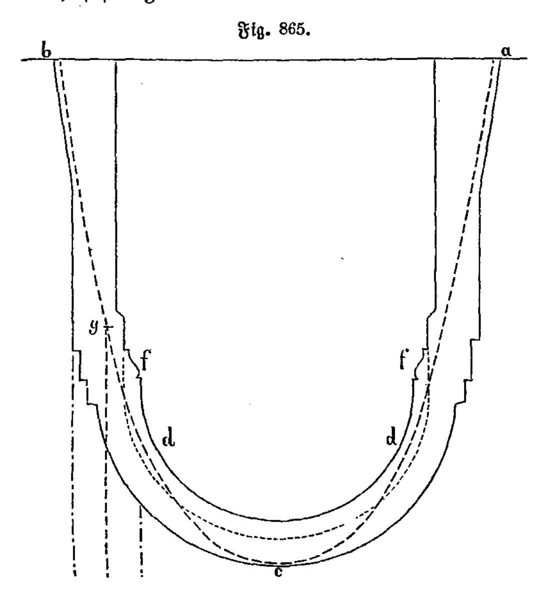
1) Nach Encyclopédie d'Architecture 1878, Pl. 520.

2) Die Anordnung der Seitenschiffgewölbe, wie solche aus den Taf. 67 u. 68 zu entnehmen ist, ist zwar in statischer Beziehung korrekt und analog der Dachform, und es ist nicht zu leugnen, daß dadurch eine gewisse Zusammengehörigkeit und ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Gewölben der Seitenschiffe gegenüber denen der Mittelschiffe klar ausgesprochen ist. Was jedoch die ästhetische Seite dieser Anordnung betrifft, so ist zwar der Anblick der Seitenschiffgewölbe vom Mittelschiff aus nicht störend, dagegen die Wirkung der einhüftigen Gewölbe, von den Seitenschiffen aus gesehen, offenbar unschön und analog der eines Pultdaches. Es dürften deshalb regelmäßige Bogen und Gewölbe den einhüftigen vorzuziehen sein, was die Anlage von Strebebogen, welche vom Rücken der Quergurten abzweigen, nicht ausschließt. Siehe auch Fig. 863.

benutzt wird, dem mündlichen Vortrage überlassen müssen, sei hier nur das Wesentliche aufgenommen.[1])

Die gemeine Kettenlinie, welche bei vorliegender Methode zur Verwendung kommt, wird annähernd erhalten, wenn man in kleinen aber gleichen Entfernungen eines Fadens gleiche Gewichte anhängt. Anstatt dieser so konstruierten Kettenlinie kann man sich auch einer genau gearbeiteten Uhrkette bedienen, deren einzelne Glieder von gleicher Schwere und Größe sind. Hängt man nun die beiden Enden einer solchen Kette an einer lotrechten Ebene auf, so ergiebt sich eine Linie, nach welcher die Gewichte sich im Gleichgewichte erhalten. Dies wird aber auch umgekehrt stattfinden, d. h. wenn man ein gleich dickes Gewölbe so konstruiert, daß die Schwerpunkte der Gewölbsteine in die oben erwähnte Kettenlinie fallen, oder diese Linie zur Mittellinie des Gewölbes wird, so muß sich das Gewölbe im Gleichgewichte erhalten, vorausgesetzt, daß die beiden untersten Gewölbsteine unverschieblich festliegen.

Fig. 865.



Davon ausgehend, nimmt Hübsch an, daß auch Gewölbe von anderer Form als der der Kettenlinie sich im Gleichgewichte erhalten müssen, wenn die Kettenlinie in den Gewölbequerschnitt hineinfällt, und daß die Festigkeit um so größer sein wird, je mehr sich die Kette der Mittellinie oder der Verbindungslinie der Schwerpunkte der einzelnen Gewölb- und Widerlagersteine nähert. Auf den Übelstand, daß die Fugen der Gewölbsteine, noch mehr aber die der zugehörigen Widerlager nicht senkrecht ständen auf der Kettenlinie, sei kein großes Gewicht zu legen, indem dieser Nachteil durch die Kohäsion des Mörtels ganz aufgehoben würde.

1) Über die gleiche bei der Peterskuppel angewandte Methode, siehe die Abhandlung von Durm, Fußnote, S. 235.

Halten wir uns zunächst an einen einfachen Fall (Fig. 865), um den Gebrauch der Kettenlinie zu erklären, wonach die Anwendung bei zusammengesetzten Gewölben ebenfalls deutlich werden wird. Nachdem der in ziemlich großem Maßstabe aufzuzeichnende Querdurchschnitt vollendet ist, stelle man das Reißbrett verkehrt, aber lotrecht, auf einer horizontalen Unterlage auf. Nun befestige man mittels eines Stiftes das eine Ende der beschwerten Schnur oder der Kette bei a, nämlich zunächst der äußeren Kante der Basis des Widerlagers, um welche sich dasselbe bei dem Auswärtsfallen drehen würde. Das andere Ende halte man bei b an und verlängere entweder oder verkürze die Schnur, bis sie genau die erforderliche Länge erhält, um bei c den Scheitel des umgekehrten Gewölbes, welcher beim Einfallen einwärts sinken würde, zu berühren. Da nun die Linie, welche die Schnur annimmt und welche in unterbrochenen Strichen angegeben ist, selbst bei d, wo das Gewölbe beim Einsturz auswärts weichen würde, noch innerhalb der Konturen des Querschnitts bleibt, so wird dasselbe auch haltbar sein, was vielfältige darüber gemachte Erfahrungen beweisen. Dabei zeigt sich eine Übersetzung des Bogens bei f als besonders zweckmäßig, indem ohne dieselbe, wie man sich schon aus der Figur überzeugen kann, der Punkt a weiter hinausrücken, beziehungsweise das Widerlager breiter angelegt werden müßte. Findet eine Erhöhung des Widerlagers statt, so nimmt das Gewicht desselben, mithin auch seine Stabilität, zu. Zieht man nun vom Schwerpunkte der Erhöhung eine Senkrechte, bis sie die Kettenlinie bei g schneidet, und bringt man an diesem Punkte Gewichte an, welche der Größe der Aufmauerung entsprechen, so wird sich die Kettenlinie von den Punkten d und f entfernen und mehr nach der Mitte des Gewölbes fallen, d. h. sie zeigt eine größere Sicherheit an. Wollte man jedoch die vorhergehenden Stabilitätsverhältnisse beibehalten, so könnte man den Punkt a oder b mehr nach Innen rücken, beziehungsweise das Widerlager schmäler anlegen.

Sowie die Kettenlinie bei einfachen Gewölben gebraucht werden kann, um deren Stärke sowie die der Widerlager zu bestimmen, kann sie auch bei zusammengesetzten Verwendung finden. Dies geschah zuerst an der genannten Bulacher Kirche, und um sich vor deren Ausführung von der Richtigkeit der Sätze der Kettenlinie zu versichern, wurde in Backsteinen ein Modell der Bogenstellung, Taf. 67 (natürlich ohne Hintermauerung, Gewölbe, Dach u. s. w.), in halber Größe und 0,60 m entfernt von einem bestehenden Gebäude ausgeführt, von dessen Fenstern man die etwaigen bei der Untersuchung sich ergebenden Ausweichungen beobachten konnte. Um das Ausweichen des mittleren Bogens zu verhindern, wurden an dessen Kämpfer Streichen mit Keilen angelegt. Nachdem sich

die Bogenstellung, welche einige Tage nach ihrer Vollendung von allen Keilen befreit wurde, als ganz haltbar gezeigt hatte, wurden die Keile wieder angetrieben, so daß man die Widerlager des mittleren Bogens als fest ansehen konnte. Hierauf wurde dessen Scheitel a mit Backsteinen beschwert, und als das Gewicht etwa auf 1/8 des Gewichtes des Bogens gestiegen war, so zeigten sich zu beiden Seiten des Bogens bei b, und zwar genau an der Stelle, welche auch durch die Kette als schwach bezeichnet

Fig. 866.

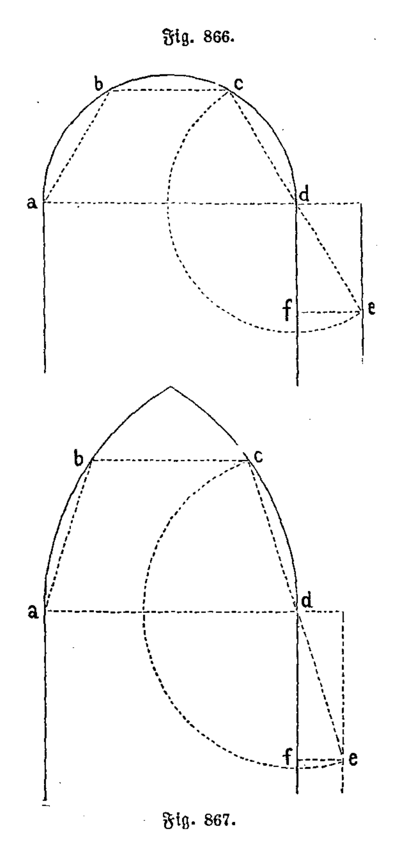


Fig. 867.

wurde, Risse, welche allmählich zunahmen, so daß man für gut fand, den Bogenscheitel wieder zu entlasten. Hierauf wurden die Keile an den Kämpfern des Bogens wieder gelöst und der ganze Boden gleichmäßig mit Backsteinen beschwert. Die Risse an den Seiten bei b drückten sich wieder zu, aber als die Belastung soweit angewachsen war, daß sie ungefähr 1/3 des Gewichtes des ganzen Mittelbogens betrug, fing auf beiden Seiten die durch die Schnur ferner als schwach bezeichnete Stelle c an, auswärts zu weichen, so daß also der Einsturz des Bogens als erfolgt anzunehmen war.

Nachdem man durch die angestellten Untersuchungen die Überzeugung gewonnen hatte, daß die Kettenlinie ein äußerst einfaches und zweckentsprechendes Mittel abgebe, die Bogen- und Widerlagerstärke einfacher sowohl als zusammengesetzter Gewölbe zu bestimmen, wurden nicht allein die auf Taf. 67 u. 68 gezeichneten Kirchen, sondern noch manche andere danach ausgeführt.

Erheben sich die Mittelschiffgewölbe so weit über die der Seitenschiffe, daß eine durch die Pultdächer versteckte Überführung des Seitenschubs durch Strebebogen auf die Umfassungsmauern nicht mehr möglich ist, so erhält man die in der gotischen Architektur vorkommende Bildung der freien Strebebogen, von welchen die Taf. 69 u. 70 Beispiele zeigen. Auf Taf. 69 ist das Strebesystem der Kirche in Wimpfen i. Th., und auf Taf. 70 das des Münsters in Freiburg i. Br. dargestellt.

Bezüglich der Bestimmung der Widerlagerstärken beider Kirchen folgen wir hier einem graphischen Verfahren, welches Viollet-le-Duc im Dictionnaire raisonné, Bd. 4, S. 63, angiebt, und welches schon in der gotischen Periode Anwendung gefunden haben soll. Nach demselben wird der Gewölbebogen, ob ein Rund- oder Spitzbogen, Fig. 866 u. 867, in drei gleiche Teile geteilt, beziehungsweise drei Sehnen von gleicher Länge $ab = bc = cd$ in denselben gelegt; verlängert man nun eine seitliche Sehne wie cd durch den Kämpferpunkt d um ihre eigene Länge de und zieht von e eine Senkrechte auf df, so ist die Grundlinie ef des rechtwinkeligen Dreiecks def die Stärke des Widerlagers für die Wand oder den Pfeiler.

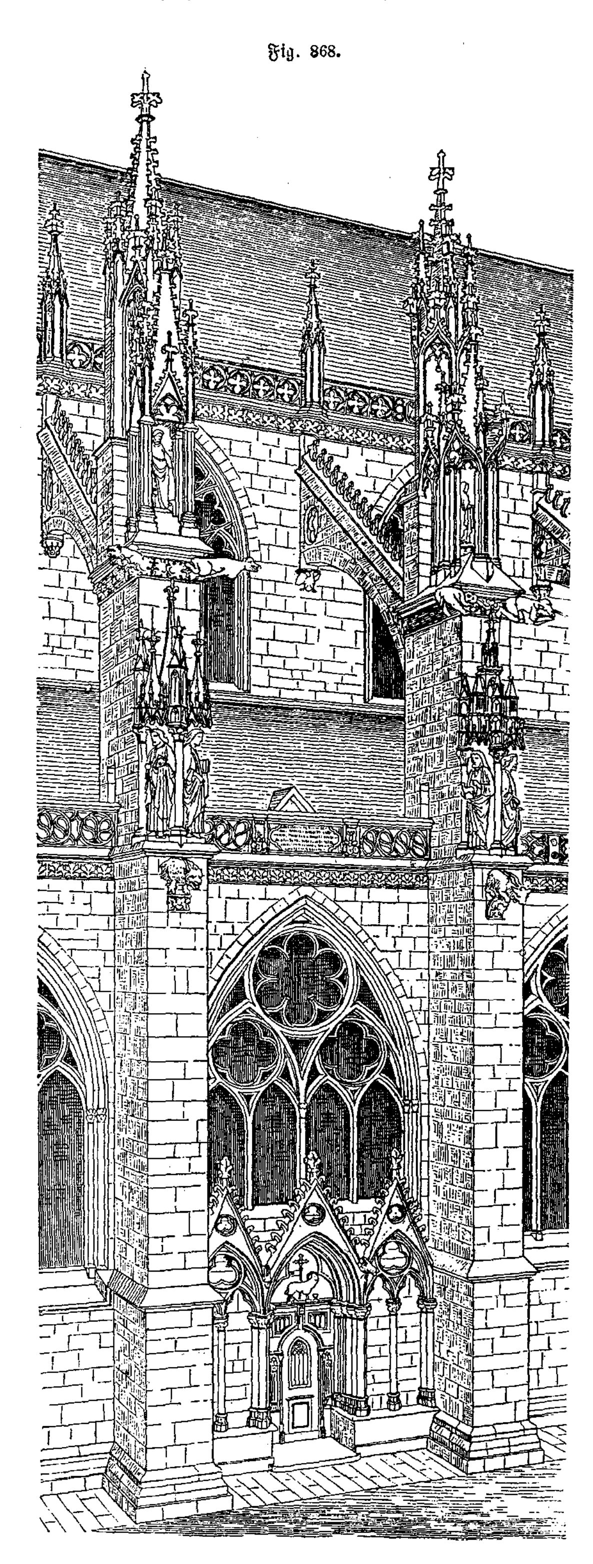
Paßt man diese Konstruktion, wie es Dr. Graf[1]) gethan hat, der erwähnten Kirche in Wimpfen, Taf. 69, an, so stimmt sie ganz gut mit der Stärke der Widerlager überein, welche den Seitenschub der Mittelschiffgewölbe durch die Strebebogen in Viertelskreisform aufzuheben haben. ab ist die Weite der Seitenschiffe $= 5{,}50$ m $=$ dem Radius des Strebebogens, folglich ist $cd = bc = bf = 5{,}50$ m und $mf = \frac{bf}{2} = 2{,}75$ m. Dies ist aber die Stärke der ausgeführten Strebepfeiler. In diesen sind aber auch die weniger ausladenden Strebepfeiler der Seitenschiffgewölbe enthalten, welche nach der Konstruktion $ih = hg = gk$ eine Stärke von ca. 1,20 m erhielten.

Um zu zeigen, daß diese Konstruktion nicht gerade an einem Gebäude zufälligerweise zutrifft, haben wir sie auch dem Stützensystem des Münsters in Freiburg i. B., Taf. 70, das in der äußeren Ansicht in Fig. 868 gegeben ist, angepaßt, wo sie nun auffallenderweise nicht allein mit der Stärke der Widerlager lk der Seitenschiffgewölbe, sondern auch mit der der Strebepfeiler $= gf$ der Mittelschiffgewölbe übereinstimmt. Die Buchstaben entsprechen denen auf Taf. 69. Ebenso stimmt die fragliche Konstruktion mit der Stärke der Widerlager der Seitenschiffsgewölbe, Taf. 67, überein.

1) Opus francigenum. Studien zur Frage nach dem Ursprung der Gotik von Dr. Hugo Graf. Stuttgart 1878.

Da der Plan zur Kirche in Wimpfen i. Th. Erwin v. Steinbach zugeschrieben wird, so könnte die Überein-

Fig. 868.



stimmung der Konstruktionsmethode zur Bestimmung der Gewölbewiderlager beider Bauwerke zu der Frage führen, ob nicht auch in Freiburg beim Entwurf zum Münster der genannte Meister mitgewirkt habe, wenn diese Frage nicht schon durch Adler in der deutschen Bauzeitung Nr. 83, Jahrgang 1880, bestimmt beantwortet wäre. Adler bemerkt nämlich, daß er mit Sicherheit angeben könne, daß Erwin v. Steinbach im Jahre 1268 den Entwurf zum Münster gezeichnet habe, und daß 1288 schon die Kreuzblume zum Turm fertig gewesen sei.

Die gewöhnlichen Stärken der Kappen und Gurten bei Kreuz- und Sterngewölben sind:

Spannweite	Kappen	Gurten
bis 6 m	$^1/_2$ Stein,	1 Stein dick, 1 Stein breit,
„ 9,5 „	Kämpfer 1 „ Scheitel $^1/_2$ St.,	$1^1/_2$—1 „ „ $1^1/_2$ „ „
„ 15 „	„ $1^1/_2$ „ „ $^1/_2$ „	2—1 „ „ $1^1/_2$ „ „

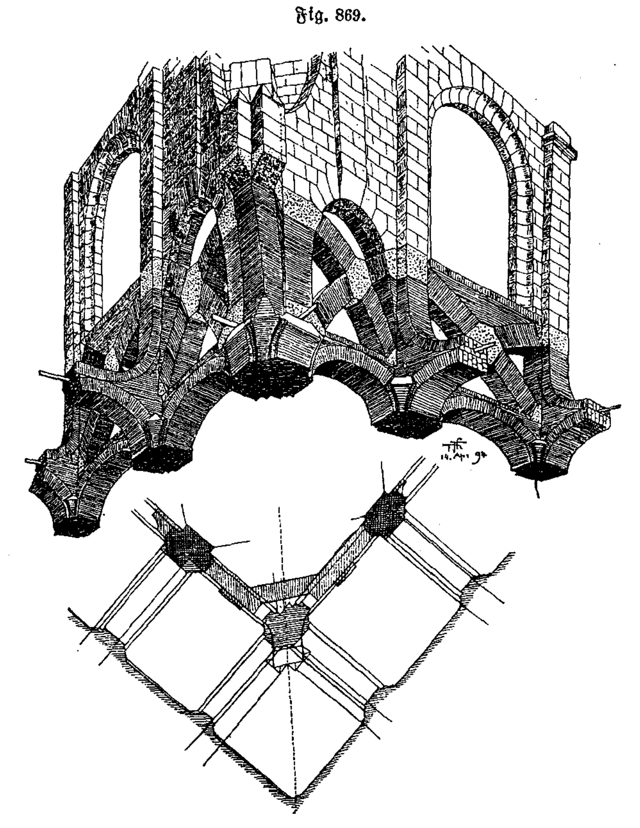
Die Widerlagsstärke beträgt:

bei halbkreisförmigen Gewölben $^1/_6$—$^1/_4$ der Diagonalweite,
„ spitzbogigen „ $^1/_7$—$^1/_5$ „ „

Bei Widerlagern, die höher als 2,5—3,0 m sind, muß die Stärke um $^1/_{10}$—$^1/_8$ der Widerlagshöhe vermehrt werden.

Um zu zeigen, in welcher Weise Verstrebungsbogen auch noch in anderer als der bisher besprochenen Weise Anwendung finden können, geben wir in Fig. 869 die

Fig. 869.



Konstruktion der Kuppelmauern des von Thiersch erbauten Justizgebäudes in München.[1]) „Die Kuppel erhebt

1) Thiersch, Das Justizgebäude in München (Festschrift) und Deutsche Bauzeitung 1897.

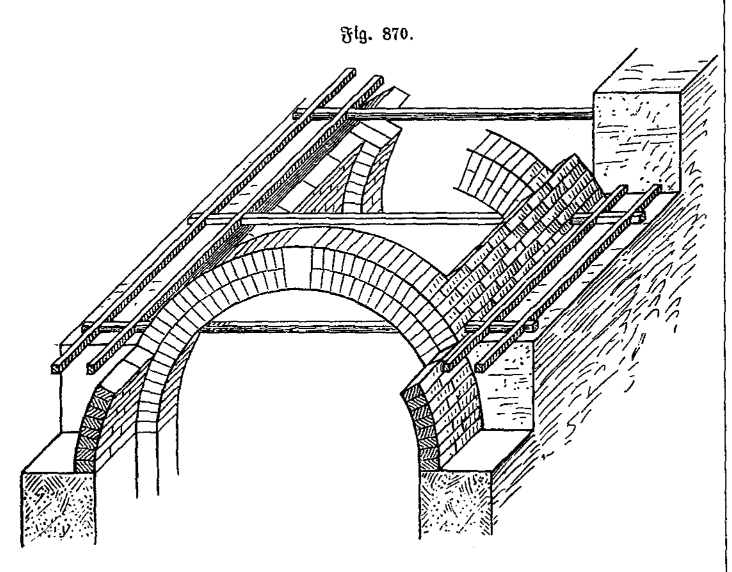
sich über einem Rechteck von 29,5 × 25 m Lichtweite und wird getragen durch doppelte, aus je zwei Fachwerkträgern gebildete Gratbinder, die sich an einem gußeisernen Scheitelstück vereinigen, während sie sich unten durch ein Rundeisensystem gegenseitig verspannen. Um den solchergestalt allein auf den Eckpfeilern lastenden Druck der ganzen Kuppel zum Teil auf die übrigen Pfeiler zu übertragen, wurde die aus Fig. 869 zu entnehmende Konstruktionsweise angewendet. Die wesentlichen Teile derselben sind ein System von sich kreuzenden Strebebogen, die den auf den Gratwiderlagern lastenden Druck auf eine größere Mauerfläche verteilen, und die doppelten Zugbänder von 17 × 2 cm Stärke, die die Anfänger dieser Strebebogen wirksam rings um die Halle verankern.

L. Die Gewölbeverankerungen.

§ 29.

In vielen Fällen, so insbesondere fast bei allen Gewölben, die bei Profanbauten in den über Erde liegenden Geschossen angeordnet werden, ist es nicht möglich, die tragenden Mauern und Pfeiler so stark anzulegen, daß sie im stande wären, den Seitenschub aufzunehmen, und man ist genötigt, Anker anzuordnen. Diese werden entweder in Kämpferhöhe angelegt — Beispiele finden sich schon an altchristlichen und byzantinischen Bauten, Fig. 870,[1]) wo die Verankerungen gewöhnlich aus entsprechend zusammengefügten Lang- und Querhölzern bestehen, wie dies auch bei mittelalterlichen Bauten der Fall ist, Fig. 871 — aus der romanischen Säulenbasilika in Schwarzach in Baden[1]) —, wogegen sich bei den Renaissancebauten durchweg eiserne Verankerungen finden.

Fig. 870.



1) Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. III b, S. 49.

Solche eiserne Verankerungen wurden auch bei den Wiederherstellungsarbeiten an der eben genannten Kirche in Schwarzach an dem stark deformierten Chorbogen ausgeführt, Fig. 872. Gleichzeitig wurde dabei der Chorbogen durch einen darüber gesprengten Spitzbogen entlastet,

Fig. 871.

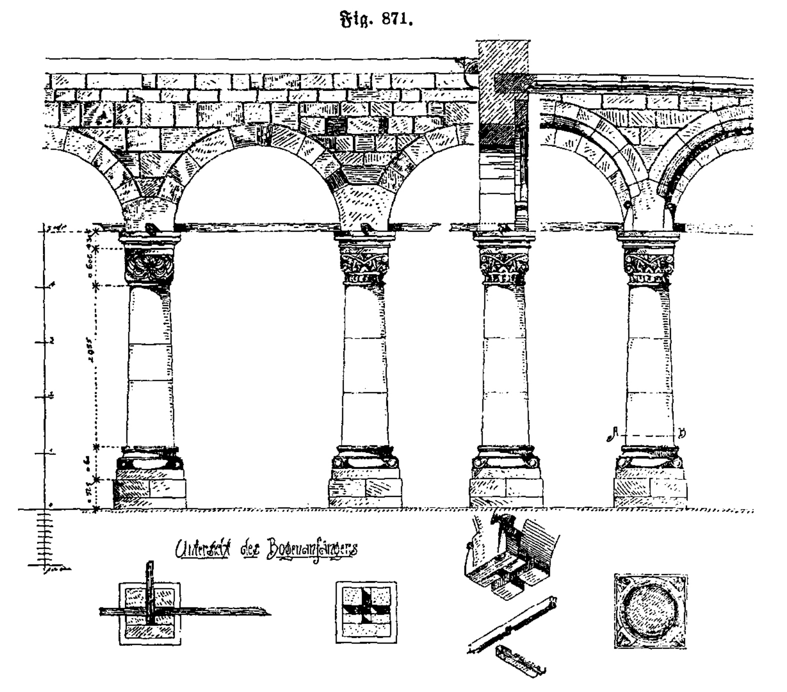
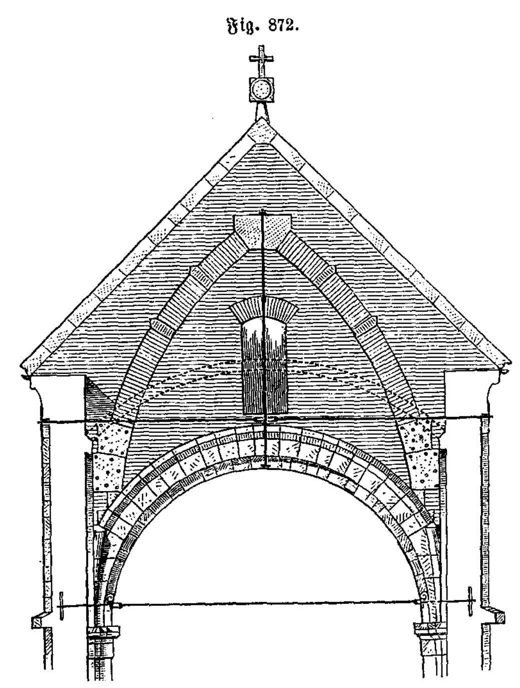


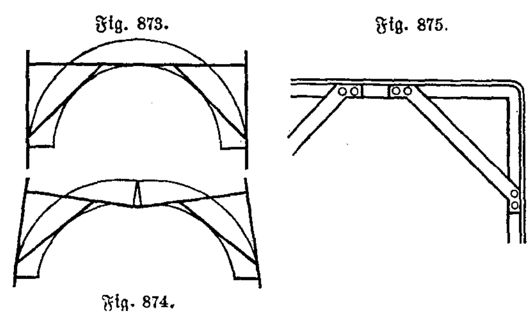
Fig. 872.



1) Deutsche Bauzeitung 1899.

dessen Schenkel sich gegen einen starken Quaderschlußstein stemmen, an den zur weitern Sicherung des halbrunden Chorbogens dessen Schlußstein an einer im Mauerwerk liegenden Zugstange angehängt wurde.[1])

Da diese sichtbaren Eisenstangen jedoch meist ungünstig wirken, so sucht man die Verankerungen zu verstecken; zu diesem Zweck müssen, um den am Gewölbefuß wirkenden Horizontalschub aufzuheben, die im oder besser über dem Gewölbe liegenden Anker mit langen Splinten versehen werden, deren untere Enden durch schräge Bänder mit der Zugstange verbunden werden, Fig. 873. Durch


Fig. 873. Fig. 875. Fig. 874.

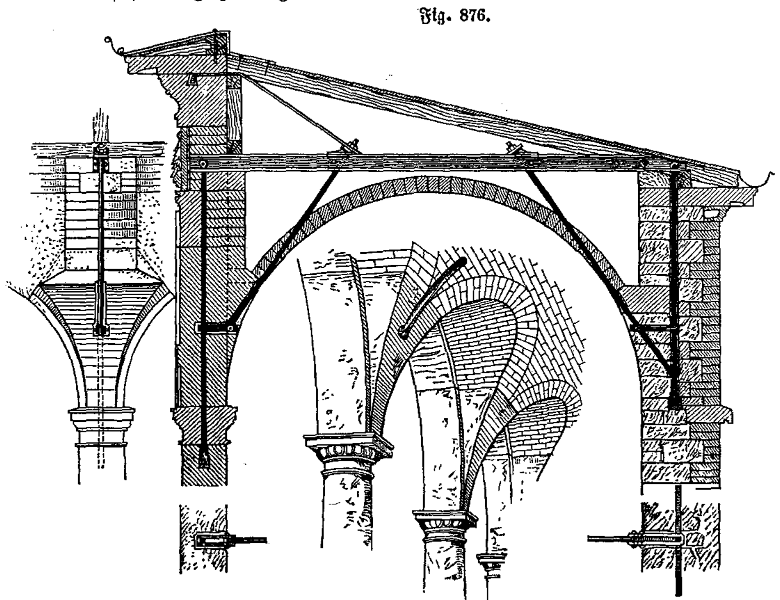
diese Zugbänder wird aber die Zugstange auf Biegung beansprucht, Fig. 874, weshalb ein einfaches Rundeisen nicht genügt, sondern T= oder Γ=Eisen verwendet werden, die nach Fig. 875 abgebogen und mit dem Zugband vernietet werden.

Bei größeren Konstruktionen werden I= oder besser 2 Stück ⊏=Schienen verwendet und die Anordnung so getroffen, daß die verschiedenen Stäbe, aus denen die Verankerung zusammengesetzt ist, nicht fest miteinander vernietet, was das Aufstellen sehr erschwert, sondern mit Schrauben verbunden werden, wodurch es möglich wird, die einzelnen Teile nach und nach, wie es der Fortschritt der Maurerarbeiten gestattet, zu verlegen. Ein lehrreiches Beispiel giebt Fig. 876, die die Verankerung der Gewölbe der Gruftenhallen des neuen Friedhofes in Karlsruhe darstellt.[2]) Um diesen Hallen ein stattlicheres Höhenverhältnis geben zu können, ohne die Kosten sehr zu vermehren, wurde statt des Satteldaches ein Pultdach zur Überdeckung gewählt. Die in langer Reihe fortlaufenden Säulen, die dem Gewölbeschube nicht den nötigen Widerstand entgegensetzen können, wurden mit der starken Rückwand verankert; zu diesem Zweck wurde Kapitell und Bogenanfänger sorgfältig durchbohrt, was bei den verwendeten Kalksteinen nicht schwer herzustellen war, und

1) Über die Wirksamkeit von Ankern über Scheiteln von Gewölben und Bogen, siehe Deutsche Bauzeitung 1879, S. 15

2) J. Durm, Der Friedhof in Karlsruhe, Zeitschrift für Bauwesen 1880, S. 9, Bl. Nr. 9.

außerdem erhielt der Anfänger noch eine winkelrecht auf dieses Bohrloch gehende Öffnung, um dort eine eiserne Krampe einzuführen. Nachdem die Anfänger mit eingesteckter Krampe versehen waren, wurde die senkrechte Quadrateisenstange, an die in Kämpferhöhe eine in die Rückwand wagerecht einzulegende Schließe und ein festes Eisendreieck angeschweißt war, dessen Hypotenuse mit einer starken über die Winkelspitze hinausreichenden Öse versehen worden, eingeschoben, und dann das Ganze sorgsam vermauert, bezw. mit größeren Werksteinen verpackt und gut mit Kalkbrei ausgegossen. Nachdem die Mauern beiderseits in die Höhe geführt waren, wurden zwei gekuppelte ⊏=Eisen übergelegt, deren Enden mit den senkrechten Eisenstangen verschraubt wurden. Die ⊏=Eisen erhielten noch an 2 Stellen gußeiserne Sättel, um daran die Rundeisenzugstangen befestigen zu können. Unterhalb wurden diese in den Krampen und die Öse eingeschraubt. Durch Anziehen und Nachlassen der Schrauben war nach vollzogener Verankerung die Stellung der Säulen vollständig zu regulieren.

Fig. 876.


In ganz ähnlicher Weise wurden die sämtlichen auf Taf. 51 dargestellten Kugelgewölbe in den Korridoren des Kollegienhauses der Universität in Straßburg verschlaudert, Taf. 71.

Kuppelverschlauderungen erfolgen mit in den Kuppelfuß eingelassenen Eisenkränzen, Taf. 47, oder mit umschließenden Eisenringen, deren beachtenswerteste unstreitig die der Peterskirche in Rom ist,[1]) Fig. 720.

1) Siehe auch: Rondelet, Die Kunst zu bauen, Wien 1834, III. Bd., S. 313.

M. Die ebenen massiven Deckenkonstruktionen.[1])

§ 30.

Konstruktion und Ausführung.

Die heutige rasche Bauweise, die großen Deckenbelastungen und die weitgehenden Forderungen an Feuersicherheit, Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen des Wassers sind die Ursache, daß Holzbalkendecken immer mehr verdrängt werden zu Gunsten ebener massiver Decken aus Eisen und Stein oder Beton.

In allen Fällen, in denen die Feuersicherheit der Konstruktion in erster Linie steht, wie bei Lagerhäusern, Magazinen und dergl. muß daß Eisen vor der unmittelbaren Einwirkung der Flammen geschützt werden, was am besten durch Ummantelung mit gebrannten Thonkörpern oder Rabitz-, Monier- oder ähnlichen Konstruktionen geschieht, die sich auch bei den größten Bränden als völlig schützend für die Eisenkonstruktionen erwiesen haben.

Je nach dem Material haben wir zu unterscheiden:

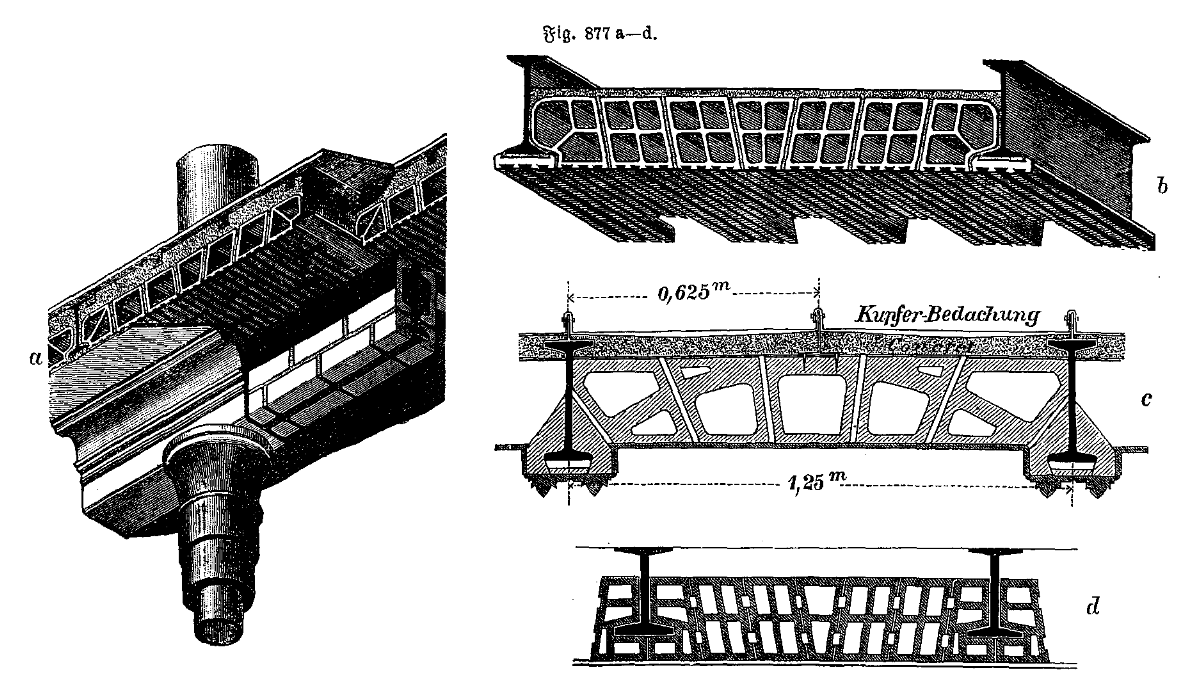
a) Decken aus Backsteinen,
b) „ aus Backsteinen mit Eiseneinlagen,
c) „ aus Beton,
d) „ aus Beton mit Eiseneinlagen (Cementeisenkonstruktionen).

1) Siehe auch III. Bd. dieses Handbuches, VIII. Kap., § 6.

a) Decken aus Backsteinen, Thonplatten und Cementdielen.

Die zunächst liegende Konstruktion ergiebt sich als scheitrechte Decke aus besonderen Formsteinen, die zur Verringerung des Gewichtes als Hohlsteine ausgebildet sind und zwischen Walzeisenträgern eingewölbt werden. Fig. 877[1]) zeigt einige darartige Konstruktionen, wie sie besonders in Amerika häufig zur Ausführung kommen. Die Wölbsteine werden entsprechend der 1,00 bis 2,70 m

Fig. 877 a—d.



betragenden Spannweite der Felder 15 bis 30 cm hoch gewählt, und geben der Decke ein Gewicht von 100 bis 170 kg pro qm. Die Unterfläche der Wölbsteine ist geriffelt, um dem Deckenputz einen sichern Halt zu geben. Bei der Wölbung Fig. 877 a, die eine auf Unterzug und Säule ruhende Decke zeigt, ist der untere Trägerflansch nur durch den Putz geschützt; bei den Anordnungen Fig. 877 b u. c sind dagegen kleine Thonplättchen eingeschoben, während bei Fig. 877 d der Träger vollständig von Formsteinen umschlossen wird. Durch diese Anordnungen wird gleichzeitig vermieden, daß sich die Trägerlinie späterhin infolge des verschiedenen Verhaltens von Stein und Eisen in der Deckenansichtsfläche bemerkbar macht.

Die Wingensche Decke, Fig. 878, zeigt eine ähnliche Konstruktion; diese Decke[2]) kann man sich aus Ziegeln eines gewöhnlichen Gewölbes bestehend denken, die nach oben und unten Ansätze von einer solchen Form haben,

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 435 u. 451.
2) Desgl. 1897, S. 579.

daß eine ebene, wagerechte Ober- und Unterfläche entsteht. Der mittlere und obere Teil ist dabei mit Mörtel eingewölbt, während die Fugen der unteren Ansätze hohl bleiben, um den Putz besser haften zu lassen. Die Herstellung erfolgt auf einfacher Bretterrüstung, die nach etwa drei Tagen entfernt werden kann. Die Träger liegen in der Regel 1 m weit voneinander. Ist das Längenmaß des zu überspannenden Raumes nicht durch ganze Meter teilbar, so ergiebt sich an dem Ende ein kleineres Feld als 1 m (vergl. Fig. 878 a), dessen Herstellung ebenso leicht ist wie die der anderen. Zu dieser Decke gehören nur fünf verschiedene Steinformate; abweichende Kappenbreiten sind mit Zuhilfenahme gewöhnlicher Backsteine a, Fig. 878 c, leicht herzustellen. Bei größeren Trägerhöhen werden Auffüllungen durch Beton, Sand und dergl. vorgenommen.

Während die vorstehenden Konstruktionen auf Kufwölbung angeordnet sind, zeigt die Doppelfalz- und Zackenziegel-Decke, Patent Ludwig, Fig. 879, Ringwölbung (Mollersche Wölbung), und zwar mit besonders geformten Ziegeln, die auf allen Fugenflächen mit Falzen oder Zacken versehen sind; durch diese Zahn- und Falzverbindung sämtlicher Ziegel untereinander wird die Konstruktion sehr fest und die Tragfähigkeit trotz der sehr geringen Stichhöhe bedeutend. Die Ausführung erfolgt auf Schalung mit im Verband liegenden Stoßfugen.

Die Form der Ziegel gestattet jedoch auch die Ausführung ebener Decken nach dem System der Kufwölbung, wobei der mittlere Schluß jeder Bahn nach Fig. 880 entweder mit gewöhnlichen keilförmig zugerichteten Backsteinen oder mit Zackenziegeln vorgenommen werden kann. Die Vermauerung muß mit verlängertem Cementmörtel erfolgen, um eine rasche feste Verbindung der Steinreihen zu bewirken.

Eine ähnliche Form zeigen die Triumph-Formsteine von Lautenbach, Fig. 881, die sich ebenfalls allseitig mit einem einfachen dreieckigen Falz ineinander setzen und in Schichten senkrecht zur Trägerrichtung mit Cementkalkmörtel auf horizontaler Schalung vermauert werden. Die Steine sind 25 cm lang und 12 cm breit; ihre Dicke richtet sich nach der Verwendung und beträgt 7, 10 und 12 cm.

Eine wesentlich abweichende Form zeigen die Formsteine von Maurermeister Scheinpflug in Zeulenroda, deren Verwendung ohne weiteres aus Fig. 882 hervor-

Fig. 878.

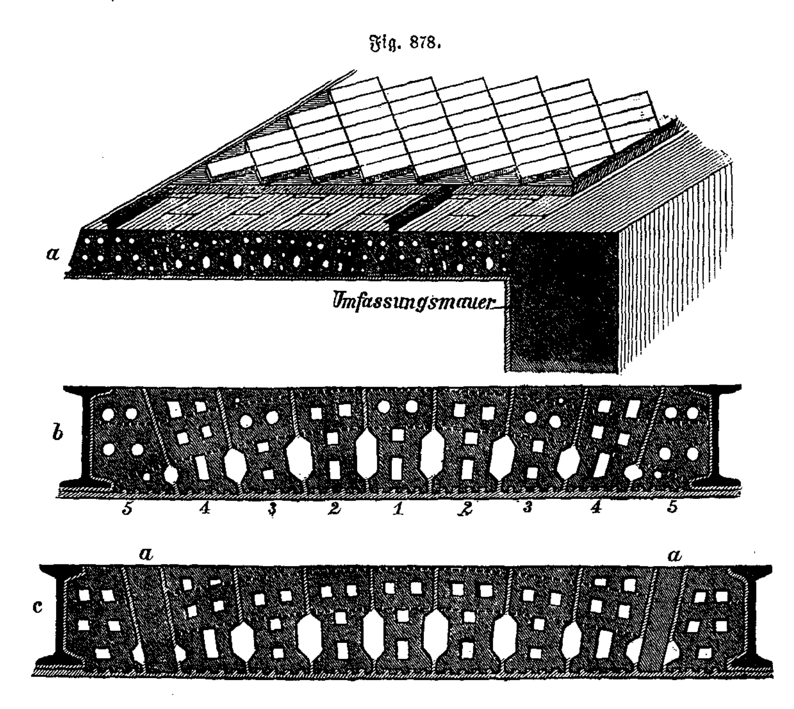


Fig. 879.

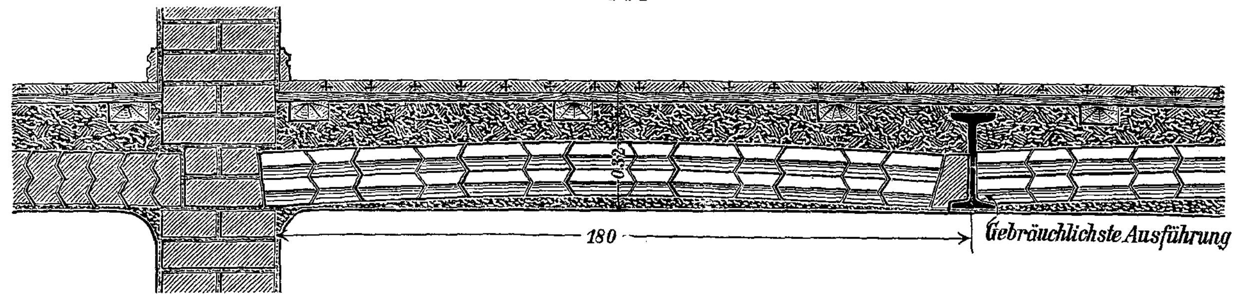
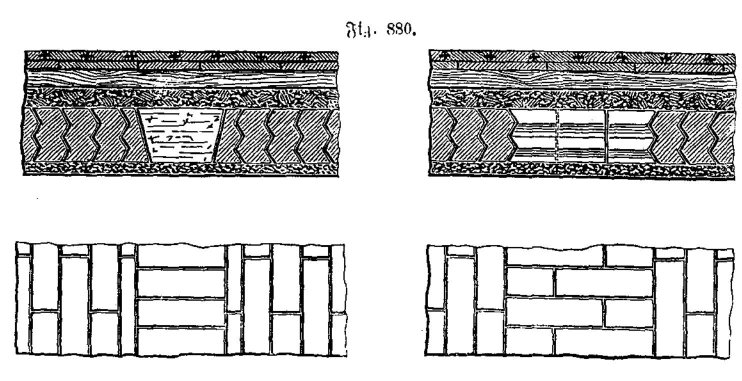


Fig. 880.



geht. Ein Teil eines jeden Steines ragt in die nächstfolgende Schicht und bietet so infolge seiner eigenartigen Gestaltung den Steinen derselben den nötigen Halt, bezw. das Widerlager.

Fig. 881.

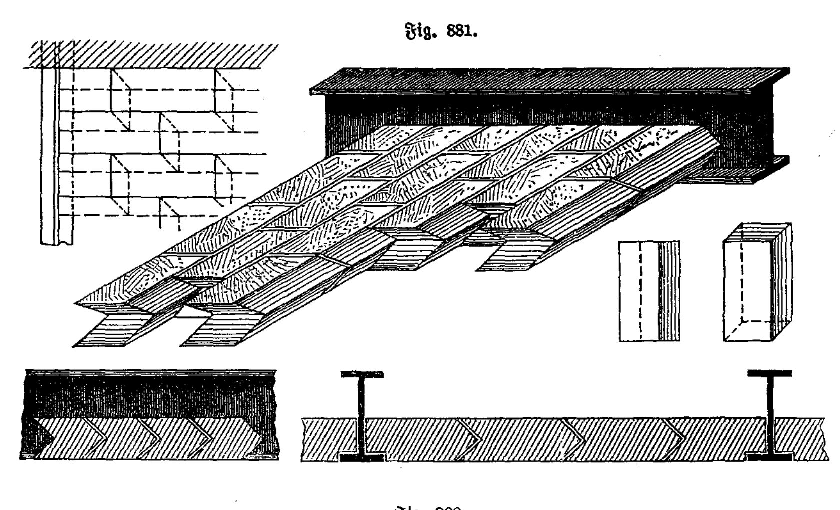
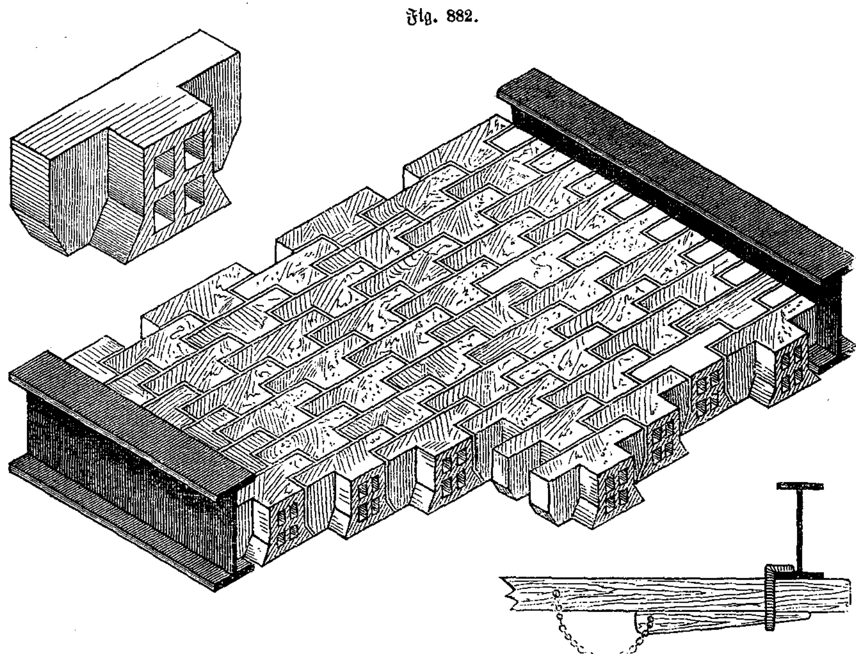


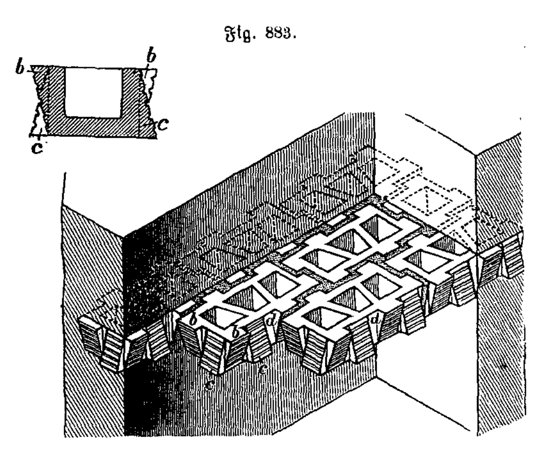
Fig. 882.



Die erste Schicht eines jeden Deckenfeldes wird auf eine Unterschalung gesetzt, die weiteren Schichten können dann ohne weitere Unterstützung frei angemauert werden. Um jedoch ein Durchsacken derselben, solange der Mörtel noch frisch ist, zu verhüten, empfiehlt es sich, etwa 3×8 cm starke Latten abwechselnd in Abständen von 0,50 bis 1,00 m quer unter die I-Träger hochkantig anzubringen, und zwar mittels schmiedeeiserner Bänder, die sich über die Latten schieben lassen und oben mit einem Ansatz über den Trägerflansch greifen; zwischen die eisernen Bänder und die untere Lattenkante wird dann ein eiserner Keil getrieben, wodurch die Latten festsitzen, Fig. 882. Hat man zwei Latten überwölbt, so nimmt man die hintere wieder nach vorn, u. s. w. Solche Formsteine können auch zur Ausführung von Tonnen-, Kloster-, Kreuz- und böhmischen Gewölben Verwendung finden.

Fig. 883 zeigt einen englischen Formstein für ebene Decken. (Hansons fire-proof-floor syndicate limited in London.[1])

Fig. 883.



Diese Steine besitzen auf allen vier Seiten je zwei oder mehrere keilförmig gestaltete Ansätze b und c, deren schräge, mit Rillen versehene Flächen nach entgegengesetzten Richtungen geneigt sind. Die Ansätze b geben dem Stein die Form und Wirkungsweise eines Gewölbsteines, während die entgegengesetzt geneigten Ansätze c mit ihren schrägen Flächen als Widerlager für die Ansätze b der benachbarten Steine dienen. Durch diese eigenartige Anordnung der Ansätze auf allen vier Seiten der Steine entsteht somit eine gegenseitige, gleichmäßige Unterstützung derselben, die eine weitere äußere Unterstützung entbehrlich macht. Nachdem die Steine mittels Lehrgerüst versetzt sind, werden die Fugen vergossen, wobei, um das Eingießen des Bindemittels zu erleichtern, Zwischenräume d zwischen den Ansätzen vorgesehen sind. Fig. 883 zeigt eine derartig hergestellte Decke in isometrischer Projektion; dieselbe bildet gleichsam eine einzige Platte, deren Gewicht von den Umfassungsmauern getragen wird. Bei Herstellung sehr großer Decken wird der zu überspannende Raum durch Träger in Felder geteilt, welche in der angegebenen Art mit den Formsteinen ausgefüllt werden.

Während bei den bisher besprochenen Konstruktionen die Steine auf allen Fugenflächen in irgend einer Weise

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 312.

untereinander verfalzt sind, giebt es eine große Anzahl von Formsteinen, bei denen die Verfalzung nur zwischen den aufeinander folgenden Schichten stattfindet, während die Steine einer Reihe stumpf aneinander stoßen. Die Steine müssen im Verband liegen und mit Cementkalkmörtel auf Schalung genau wie ein Ziegelsteinpflaster vermauert werden.

Fig. 884.

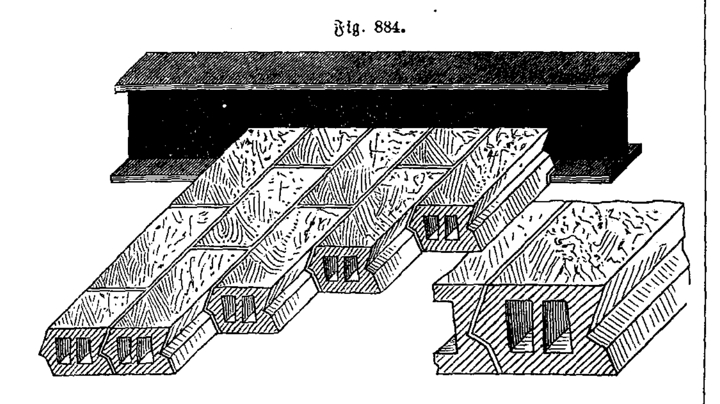


Fig. 884 zeigt die so konstruierte Förstersche Decke, deren Steine in der oberen und unteren Hälfte entgegengesetzte Widerlager aufweisen, infolgedessen die Decke eine verhältnismäßig große Tragfähigkeit erreicht. Die Steine werden als gebrannte porige Lochsteine hergestellt, und haben eine Länge von 25 cm, eine Breite von 13 cm und eine Stärke von 10 bis 13 cm; die 10 cm starken Steine werden bei Spannweiten bis 1,70 m, und die 13 cm starken bis 3,00 m angewendet. Die Schalung, die zweckmäßig mit Hängeeisen an den Trägern befestigt wird, muß etwa zwei Tage unter der Decke belassen werden, bis der Mörtel etwas erhärtet ist. Die Formsteine können auch zur Herstellung feuersicherer Treppen, in ähnlicher Weise wie die Kleinesche Deckenkonstruktion, verwendet werden.

Von den zahlreichen ähnlichen Konstruktionen mögen noch angeführt werden:

System Holz, Fig. 885; die Hohlsteine setzen sich mit dreieckigen Falzen ineinander, ähnlich wie bei Fig. 881, jedoch unter Vermeidung der spitzen Kanten, die beim Transport leicht beschädigt werden.

Fig. 885.

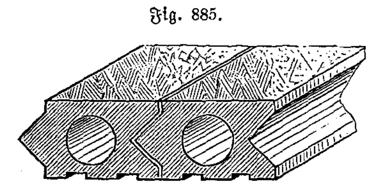
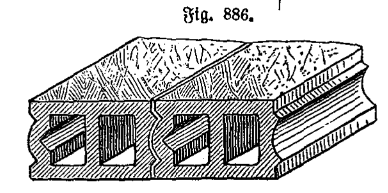


Fig. 886.



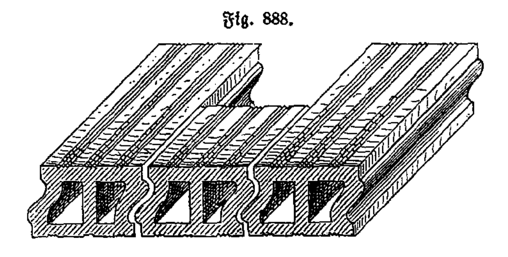
System Mesch, Fig. 886; die Berührungsflächen in den Längsfugen bestehen auf einer Seite aus einer vertieft liegenden Wulst, auf der andern Seite aus den hierzu passenden entgegengesetzten Formen, wodurch ermöglicht wird, die Last von einem Stein auf je zwei Flächen der benachbarten Steine zu übertragen.

System Bilgner, Großherzogliche Kunstziegelei in Schwerin, Fig. 887; die Steine, die auf der Unterfläche geriffelt sind, greifen mit einer Art Nut und Feder ineinander, wodurch eine gleichmäßige Verteilung und Übertragung der Last erzielt wird.

Fig. 887.

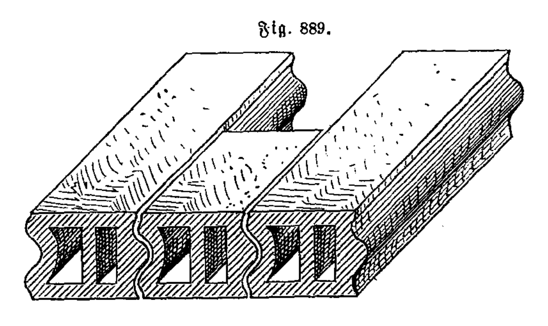
System Körting, Herkulessteine, Fig. 888; die Längsseitenflächen sind S-förmig gebildet, besitzen jedoch oben und unten noch schmale senkrechte Flächen, die nicht lotrecht übereinander stehen, sondern um 1 cm gegeneinander versetzt sind. Infolge dieser Anordnung wird jeder Stein auf der einen Seite einmal und auf der andern zweimal von den Nachbarsteinen getragen, wodurch die Tragfähigkeit bedeutend erhöht wird.

Fig. 888.



System Dressel, Fig. 889; die Steine besitzen einseitig eine wulstartige Erhöhung und zwei schwache rinnenartige Vertiefungen in symmetrischer Anordnung zur Mittellinie, und anderseitig die hierzu passenden entgegengesetzten Formen, so daß die gegenseitige Verfalzung eine innige und infolgedessen die Lastübertragung eine gute ist.

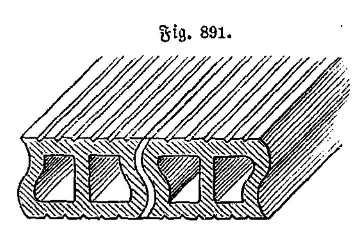
Fig. 889.



Während bei den bisher angeführten Systemen die Lage der Steine in allen Schichten dieselbe ist, werden bei der Decke System Richter, Fig. 890, die mit energisch gegliederten Z-förmigen Seitenflächen versehenen Hohlsteine

in zwei aufeinander folgenden Schichten verkehrt eingelegt, wodurch eine Schicht von den anschließenden Schichten mit einer Fläche, die andere Schicht dagegen von den anschließenden Steinen mit je zwei Flächen getragen wird.

Fig. 890. Fig. 891.



Auch die Omega-Formsteine von Heyer, Fig. 891, mit S-förmigen Lagerflächen werden in zwei aufeinander folgenden Schichten verkehrt eingelegt. Mit Rücksicht auf diese Verwendungsweise sind die beiden Steinsorten auf beiden Breitseiten mit Putznuten versehen, um denselben Stein für beide Schichten verwenden zu können.

Fig. 892.

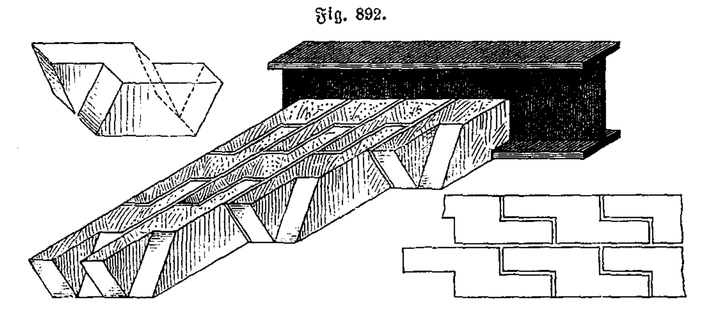
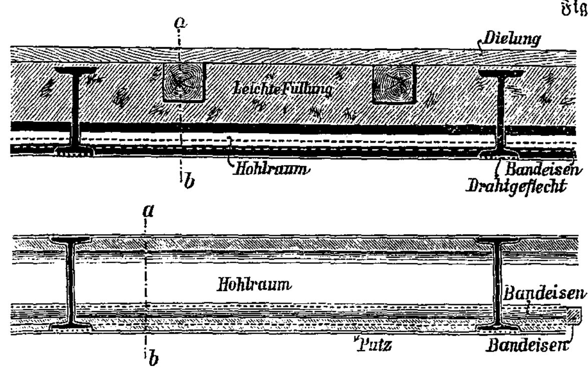
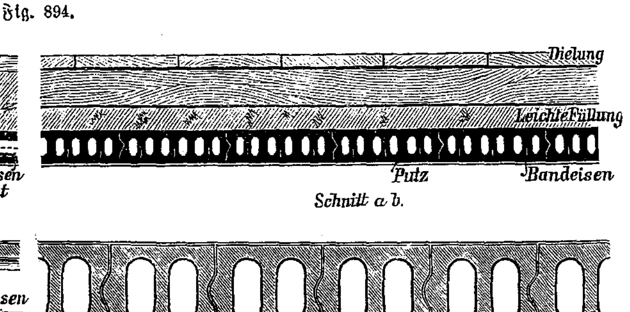


Fig. 894.

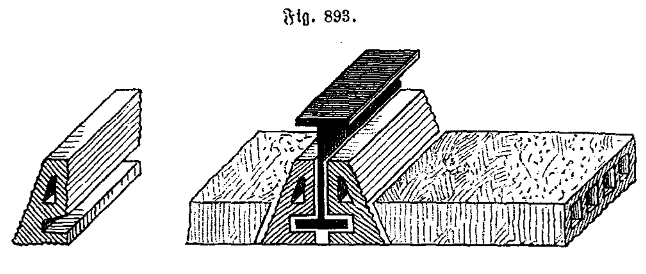


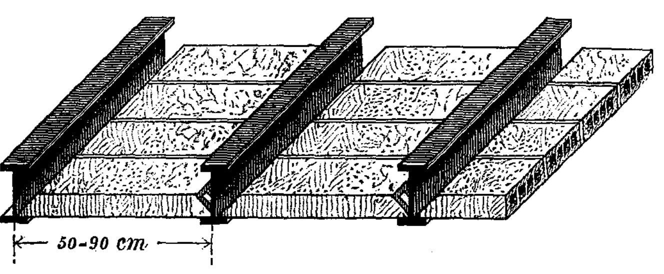


Im Gegensatz zu diesen Konstruktionen, bei denen sich die einzelnen Schichten verfalzen, die Steine einer Schicht aber mit senkrechten Fugen aneinander stoßen, zeigt die Dr. Moravecsche Decke, Fig. 892, völlig voneinander getrennte Schichten mit durchgehenden lotrechten Fugenflächen, während die Stoßfugen in zwei Lagerflächen von entgegengesetzter Neigung zerlegt sind, so daß die Steine ein und derselben Reihe in eigenartiger Weise ineinander hängen. Die Vermauerung erfolgt auf Schalung mit gutem verlängerten Cementmörtel, dem die Aufgabe zufällt, die einzelnen Schichten zu einem festen Ganzen zu verkitten.[1]

Bei Fachweiten von 0,50 bis 0,90 m lassen sich die massiven Decken auch aus einzelnen hohlen Thonplatten, Hourdis, herstellen, die entweder unmittelbar auf die Trägerflanschen, oder zwischen die Träger umkleidende besondere Formsteine eingelegt werden; Fig. 893 zeigt diese Anordnungen, die weiterer Erklärung nicht bedürfen. Das Gewicht beträgt etwa 50 kg pro Quadratmeter.

Fig. 893.





Statt Thonplatten können auch Platten aus anderem Material zur Bildung der Decken verwendet werden, wie z. B. die hohlen Stolteschen Cementdielen mit Drahtgeflecht- oder Bandeiseneinlagen, Fig. 894, die große Festigkeit, Feuer- und Wetterbeständigkeit besitzen und mit

1) Gruschwitz in Neustädtel liefert einen ähnlichen Formstein, der jedoch auf den Flachseiten Nut und Feder besitzt, durch die die Schichten unter sich wieder verbunden werden; siehe Centralblatt der Bauverwaltung 1897, S. 404.

Wulsten und Nuten ineinander greifen. Siehe auch II. Bd. dieses Handbuches, Seite 90 und Fig. 297.

b) Steindecken mit Eiseneinlagen.

Zur Vermehrung der Tragfähigkeit der ebenen Steindecken werden nach dem Vorgang der Monierbauweise bei diesen Konstruktionen Eisenstäbe in die Fugen eingebettet und mittels Cementmörtel mit den Steinen vermauert; die Anordnung ist dabei so zu treffen, daß die Eiseneinlagen vornehmlich die Zugspannungen, die Steine dagegen die Druckspannungen aufzunehmen haben.

Die Höhenlage der Platte zwischen den Trägern ist beliebig; wo auf die ebene Unteransicht verzichtet wird, um eine möglichst leichte Konstruktion zu erhalten und an Luftraum zu gewinnen, wird die Deckenplatte durch Betonkonsolen, Formsteine oder Winkeleisen unterstützt, oder sie kann über die Träger hinweg gestreckt werden. Fig. 897 a—c zeigen einige Ausbildungen dieser Art, und Fig. 898 eine Konstruktion mit doppelter Kleinescher Platte mit isolierender Luftschicht, wie solche z. B. als Kellerdecken ausgeführt werden.

Fig. 895.

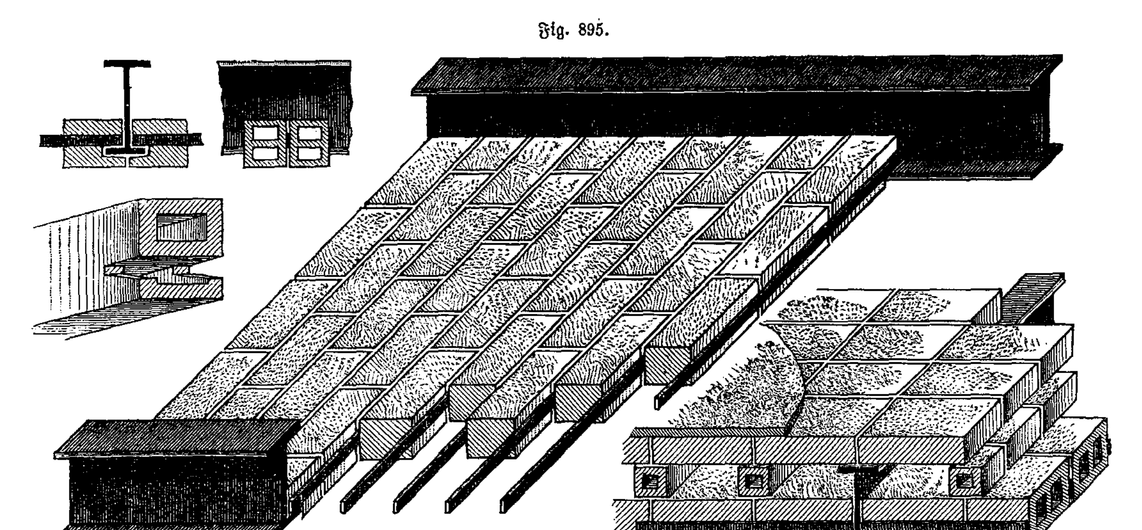


Fig. 896.

Eine der bekanntesten Decken dieser Art ist die Kleinesche Decke, Fig. 895. Die Platte besteht aus einzelnen, mit Cementmörtel verbundenen Backsteinen, wegen des geringeren Gewichtes meistens aus porigen Lochsteinen oder Neuwieder Schwemmsteinen von 10×12×25 cm Größe, die auf Arbeitsschalung so zwischen die Deckenträger gereiht werden, daß die rechtwinklig zu diesen gerichteten Reihenfugen von Träger zu Träger durchgehen, während die Stoßfugen in den einzelnen Reihen im Verband angeordnet sind. Die gegenseitige Verfalzung fehlt somit, und es wird nun in jede der Reihenfugen von Träger zu Träger ein hochkantig gestelltes Flacheisen eingebettet, das gut von Cementmörtel umhüllt sein muß, da auf der innigen Verbindung von Stein, Eisen und Cementmörtel die große Festigkeit dieser Platten beruht. Je nach der Art des Bodenbelags wird die so hergestellte Platte mit Sand überfüllt, oder ein magerer Beton aufgetragen, oder es kann zur Herstellung massiver Boden, wie z. B. über Stallungen u. dergl., ein über den Trägern liegendes Pflaster aus flach liegenden Backsteinen nach der in Fig. 896 gezeichneten Anordnung ausgeführt werden. Derartige Ausführungen sind selbstredend auch bei allen andern ebenen Deckenkonstruktionen möglich.

Fig. 897 a—c.

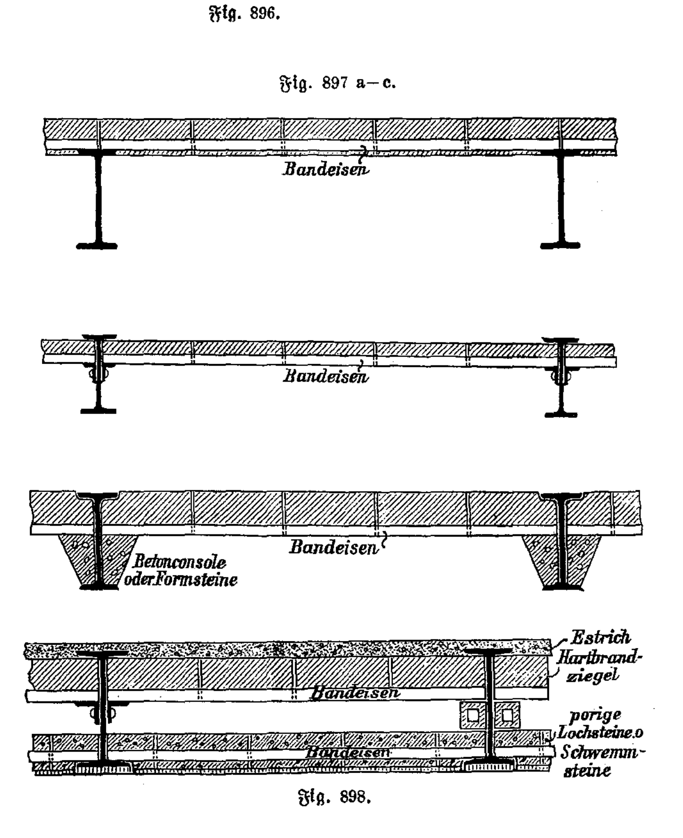
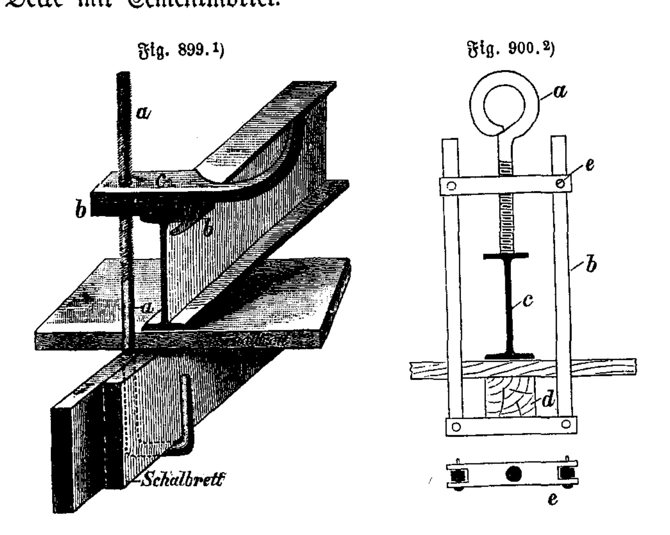


Fig. 898.

Bei der Schürmannschen Decke findet sich abweichend von der Kleineschen Decke in der Regel nur zwischen je drei Steinreihen eine Eiseneinlage, die den Namen Wellblechschiene führt; diese ist 1,25 mm dick und 60 mm hoch und zeigt eigentümliche birnförmige Buckel, die abwechselnd auf der einen und der andern Seite des Eisens hervortreten, um auf der ihnen abgewendeten Seite Höhlungen entstehen zu lassen. Diese Buckel bilden ein Widerlager für die anschließenden Steinreihen, von denen je zwei in Verbindung mit einer dritten als Schlußstein wirkenden eine vollständige Kappe bilden. Die Schienen bestehen aus bestem feinkörnigen Eisen, das eine Festigkeit bis zu 5400 kg/qcm besitzt. Die Steine sind Schwemm- oder Lochsteine von 10×12×25 cm oder gewöhnliche Backsteine. Bei der Ausführung bedient man sich am besten der in Fig. 899 u. 900 dargestellten Rüsteisen, die die wagerechte Verschalung tragen, und die selbstredend auch bei Herstellung aller übrigen ebenen Deckenkonstruktionen Verwendung finden können. Die Vermauerung der Steine und Eisen erfolgt wie bei der Kleineschen Decke mit Cementmörtel.

Fig. 899.[1]   Fig. 900.[2]



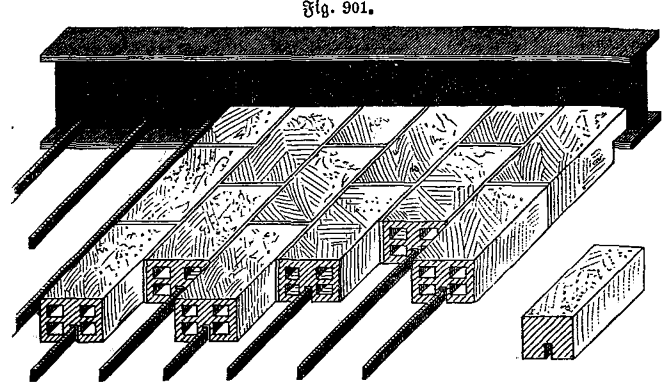
Die Venysche Decke, Fig. 901, unterscheidet sich von der Kleineschen Decke dadurch, daß die Steine nicht zwischen, sondern auf den hochkantig gestellten Flachschienen liegen, zu welchem Zweck sie mit entsprechenden Schlitzen versehen sind, in die sich die Flachschienen einlegen, infolgedessen vorherige Einschalung des Deckenfeldes unterbleiben kann. Hier ruhen also die Steine unmittelbar auf den Schienen und die Tragfähigkeit der Decke hängt nicht mehr ausschließlich von der festen Verbindung der einzelnen Teile durch Cementmörtel ab.

1) Gerüsteisen Schürmann.

2) Gerüsteisen Max Mirus Köln a. Rh.; nach Vollendung der Decke werden die Stifte e entfernt, worauf das Hängeeisen b unten herausgezogen werden kann.

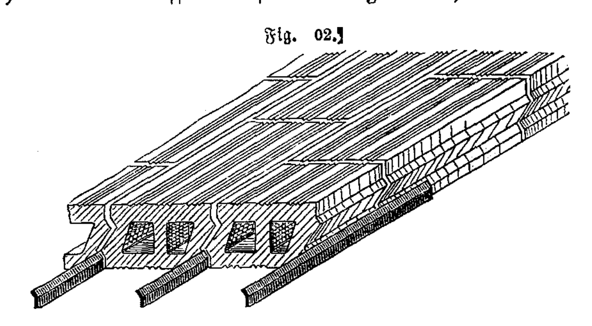
Diese erhöhte Sicherheit kann auch erreicht werden durch entsprechende Formung der Fugenflächen, ähnlich den Konstruktionen ohne Eiseneinlagen, so daß die einzelnen

Fig. 901.



Steinschichten ineinandergreifen und dadurch die innige Verbindung zwischen Stein, Eisen und Cementmörtel erhöht und eine bessere Lastverteilung erreicht wird.

Fig. 902.



Von den zahlreichen Konstruktionen dieser Art zeigt Fig. 902 die Körtingsche Decke aus Zickzack-Formsteinen mit stumpfwinklig gebrochenen Flacheisen, Fig. 903 eine

Fig. 903.

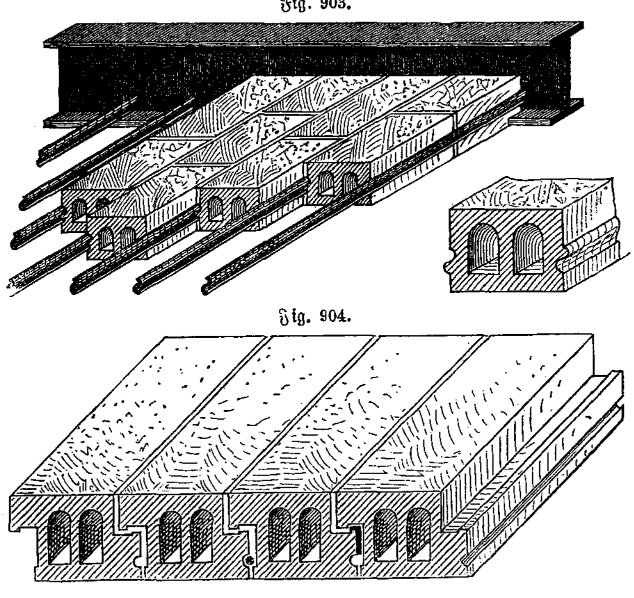


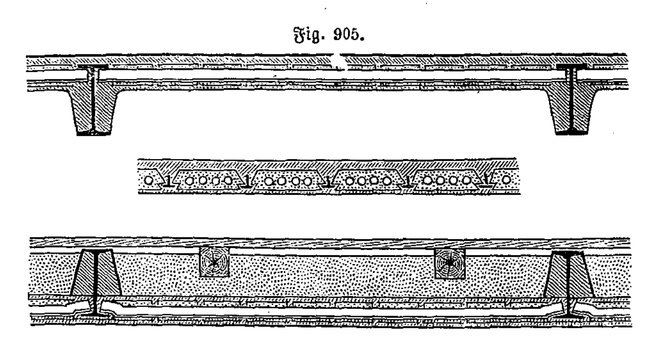
Fig. 904.

Donathsche Decke mit S-Falzen und S-förmigen Schienen, und Fig. 904 Formsteine einer andern Donathschen

Decke, die Einlage von Rundeisen und Winkeleisen gestatten, je nach der Größe der verlangten Tragfähigkeit der Konstruktion.

In Fig. 905 geben wir noch zwei Anordnungen nebst Längenschnitt der Czarnikowschen Decke nach System Mossner,[1]) die in Stärken von 8, 10 und 12 cm, je nach der Stützweite, hergestellt wird, und aus Reihen von

Fig. 905.



Formsteinen besteht, die auf kleinen ⊥- oder I-förmigen Querträgern zwischen I-förmigen Hauptträgern in Cementmörtel verlegt werden. Die zur Verwendung kommenden Formsteine sind porige Lochsteine und erhalten an den Seiten Ausklinkungen zur Aufnahme der Querträger und des Deckenputzes. Die ⊥-Eisen werden mittels eigens konstruierter Maschinen geschnitten und an den Enden den Unterflanschen der Hauptträger entsprechend gekröpft. Sie werden bei der Herstellung der Decke zunächst durch das nur geringe Eigengewicht auf Biegung beansprucht, erleiden aber nach Fertigstellung der Decke und bei Aufnahme der Nutzlast vorwiegend Zugspannung, wie bei der Monier-Bauweise, und die Decke besitzt deshalb eine verhältnismäßig große Tragfähigkeit. Durch die eigenartige Form der Steine wird das zeitraubende und kostspielige Ein- und Ausschalen der Lehrrüstungen überflüssig. Der Putz haftet an der Unterfläche gut und Risse treten nach Angabe der Firma nicht auf. Die Tragfähigkeit der Decken ist bei den vorgenommenen Proben eine genügende gewesen, so daß die allgemeine Anwendung seitens der Berliner Baupolizei gestattet ist.

§ 31.

Gewölbe und ebene Decken aus Beton- und Beton-Eisen-Konstruktionen.

Die Beton- und die Beton-Eisen-Konstruktionen sind im Kap. I, § 32 und 33 ausführlich besprochen worden, so daß wir hier nur kurz auf die Anwendung dieser Konstruktionen für Gewölbe und ebene Decken hinzuweisen haben.[2])

Der Cementbeton eignet sich durch seine große Druckfestigkeit, Feuersicherheit, Sicherheit vor dem Auftreten des Hausschwammes, Raschheit der Ausführung und durch völlige Freiheit in Bezug auf die Formgebung ganz besonders zur Herstellung von Deckenkonstruktionen, und er erscheint insbesondere berufen, in Verbindung mit eisernem Gebälk nach und nach unsere Holzbalkendecken zu verdrängen. Derartige Konstruktionen sind im III. Band dieses Handbuches besprochen und wir können uns hier darauf beschränken, einige Belastungsproben mitzuteilen, aus denen die große Widerstandsfähigkeit der Betondecken zu ersehen ist.

a) Betonkappe zwischen Mauern, Spannweite $S = 4{,}00$ m, Pfeilhöhe $h = 0{,}40$ m, gleichmäßige Stärke $\delta = 9$ cm.
   1 Cement, $4^1/_2$ Kiessand, Alter $3^1/_2$ Monate.
   Bei 4847 kg pro qm gleichmäßig verteilter Belastung zeigte sich eine Durchbiegung von 2,15 cm und feine Risse. Nach Wegnahme der Last ging die Einbiegung bis auf 1 cm zurück, die Risse verschwanden, und der Bogen gab beim Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Klang.

b) Desgleichen, $S = 3{,}50$ m, $h = 0{,}35$ m, $\delta = 12$ cm, 1 Cement, 2 Sand, 4 Kies.
   Gleichmäßig belastet bis zum Bruch mit ca. 10000 kg pro qm.
   Einseitig belastet bis zum Bruch mit ca. 6900 kg pro qm.
   Scheitellast, bei 0,75 m Breite des Gewölbes 8400 kg bis zum Bruch.

c) Desgleichen, $S = 2{,}20$ m, $h = 0{,}22$ m, Scheitelstärke 11 cm, oben horizontal abgeglichen.[1])
   1 Cement, 8 Teile Kies mit wenig Sand. Alter 14 Tage.
   Belastung pro qm mit 2850 kg; außerdem schlug ein Arbeiter dicht neben die belastete Stelle mit einer Picke, ohne daß ein Riß entstand.

d) Desgleichen, $S = 6{,}30$ m, $h = 0{,}63$ m.
   Gleichmäßige Stärke $\delta = 0{,}14$ m,
   2 Cement, 9 Kies.[2])
   Mehrere einseitige Probebelastungen bis zu 9000 kg pro qm ließen die Gewölbe vollständig unversehrt. 5 Gewölbe von je 142 qm Ausdehnung sind innerhalb 10 Tagen angefertigt worden.

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1897, S. 578.

2) Der Portlandcement und seine Anwendung im Hochbau, Berlin 1899. — Die deutsche Portlandcement- und Beton-Industrie auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902. — Deutsche Bauzeitung 1899, S. 79 u. 409, — 1901, S. 174, 552. — Centralblatt der Bauverwaltung 1897, S. 49, 579, — 1898, S. 284, 416, — 1900, S. 237.

1) Deutsche Bauzeitung 1889, S. 491.

2) Ebenda 1891, S. 9.

e) Betonkappe zwischen 23 cm hohen Schienen; S = 1,50 m, h = 0,15 m, Scheitelstärke 12 cm, horizontal abgeglichen; Länge 3,50 m.

1 Cement, 2,5 Sand, 5 Schotter.

Diese Kappe hat folgende Belastungen ausgehalten: Einseitige Belastung von 10200 kg; Überfahren mit einem Wagen mit 2700 kg Belastung der Hinterachse; Überfahren mit diesem Wagen und gleichzeitige Belastung jedes Stirnendes mit 3150 kg. Erst bei Herabfallen eines Rammbärs von 23,5 cm Durchmesser und 190 kg Gewicht aus 2,5 m Höhe wurde das Gewölbe glatt durchschlagen.[1]

f) Betonkappe zwischen 26 cm hohen Schienen;[2] S = 2,00 m, h = 0,15 m, Scheitelstärke 12 cm, horizontal abgeglichen, Länge 1 m.

1 Cement, 3 gewaschener Sand, 7 Kohlenschlacken bis Hühnereiergröße; Alter 4 Wochen.

Die Belastung bestand aus 2000 kg gleichmäßig verteilter Last, 2600 kg einseitiger und 2880 kg Scheitellast auf der mittleren Gewölbehälfte, ohne daß bei all diesen Belastungen die geringste Bewegung oder irgend welche Risse oder Sprünge entstanden wären.

g) Ebene Betonplatten[1]) von 1 m Seitenlänge und 12 cm Stärke, aus 1 Cement und 6 Kiessand, die man an den 4 Ecken unterstützte, haben 3000 kg getragen, ohne Schaden zu nehmen; ebenso Schlackenbetonplatten von 18 cm Stärke.

Diese Belastungsproben ergeben zur Genüge die außerordentliche Widerstandsfähigkeit der Cementbetongewölbe, die über die bei den Hochbaukonstruktionen vorkommenden Belastungen weit hinausgeht und zur Folge hat, daß der Beton in neuester Zeit mit Vorteil zu großen Brückenkonstruktionen Verwendung findet.[3]

Diese vortrefflichen Eigenschaften des Betons, die durch Eiseneinlagen noch wesentlich erhöht werden, haben seine Anwendung zu ebenen Deckenkonstruktionen außerordentlich gesteigert, und es sollen in folgendem einige der bekanntern Konstruktionen kurz angeführt werden.

Es ist dabei zu beachten, daß je nach den Anforderungen an die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit Kiesbeton, Schlackenbeton oder Bimskiesbeton Verwendung finden können, deren Gewichte pro cbm ca. 2200 kg, 1100 kg und 900 kg betragen, woraus zu entnehmen ist, welche Bedeutung der richtigen Auswahl der Betonmaterialien für den Aufwand an Eisenmaterial zukommt.

Die **Bremersche Cement-Hohlguß-Decke**, Fig. 906.[1]) Diese Decke ist eine ebene Kiesbetondecke zwischen I-Trägern, die durch Einlage besonders präparierter Pappenrohre als Hohldecke konstruiert ist, wodurch ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Tragfähigkeit das Eigengewicht verringert und Ersparnis an Träger- und Betonmaterial erzielt wird. Die große und unangenehme Hellhörigkeit massiver Betondecken soll durch diese Hohlräume gemildert werden.

Fig. 906.

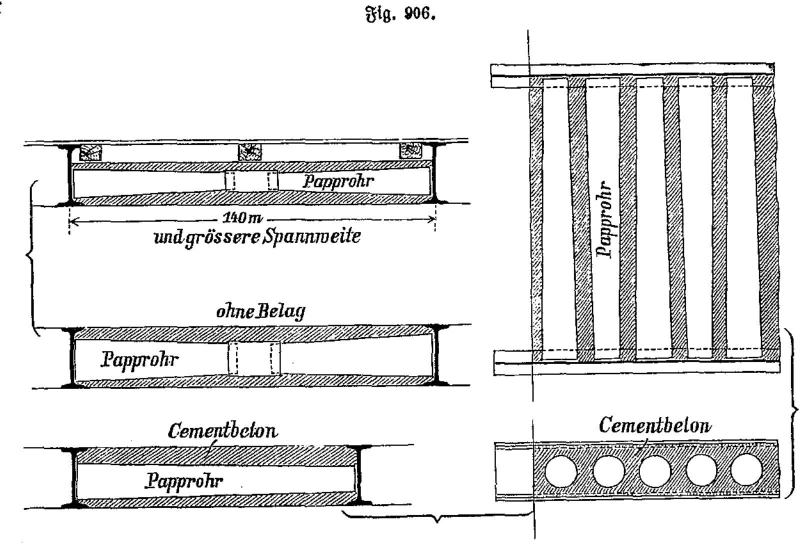
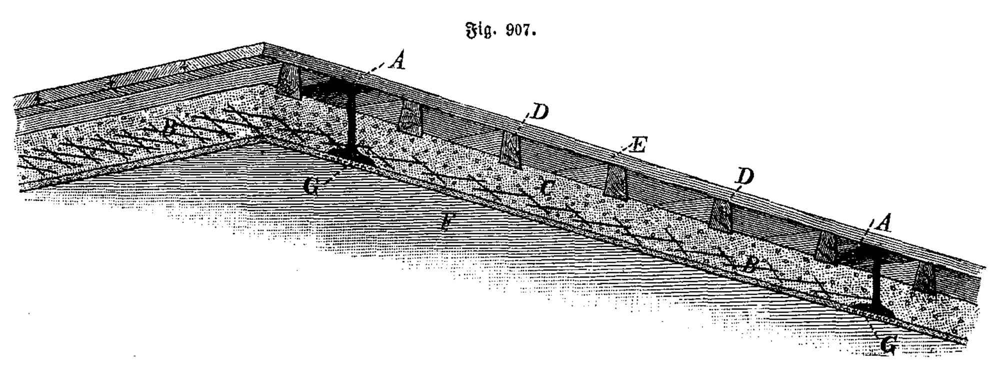


Fig. 907.



Wegen Monierdecken, die in derselben Weise wie die Wände konstruiert werden, haben wir den frühern

1) Der Portlandcement und seine Anwendungen, S. 266 u. 274.

2) Deutsche Bauzeitung 1890, S. 46.

3) Über die interessante Betonbogenbrücke über die Donau bei Munderkingen von 50 m Spannweite und 5 m Pfeilhöhe mit eisernen Gelenken im Scheitel und an den Kämpfern, siehe Deutsche Bauzeitung 1894, S. 493.

1) Siehe die Konstruktion einer ähnlichen Decke mit Drainröhren, Centralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 144.

Mitteilungen, Kap. I, § 32 nichts zuzufügen, und wir verweisen zur näheren Information wiederholt auf: „Das System **Monier** von G. A. Wayß, Berlin 1887“, dem wir unsere früheren Ausführungen entnommen haben.[1])

Decken mit Streckmetalleinlagen, System Golding.[2]) Statt der Drahtgeflechte werden Streckmetallplatten eingelegt und einbetoniert, Fig. 907, auf dem Unterflansch liegend, wo es sich um ebene Untersicht

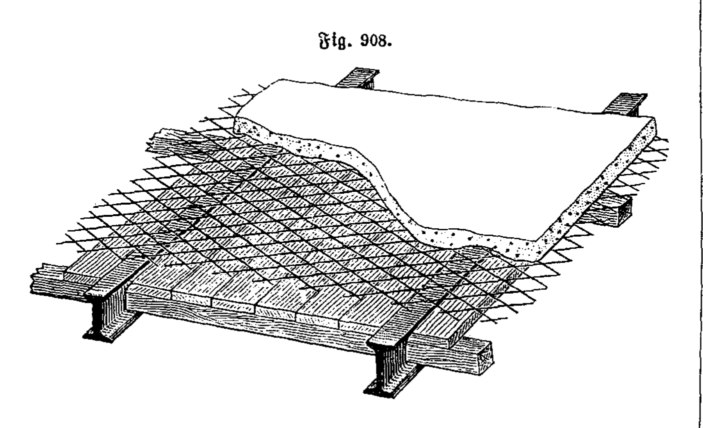


Fig. 908.

handelt, oder Fig. 908 auf dem Oberflansch liegend, event. mit einbetonierten Schienen, wo die ebene Deckenuntersicht nicht erforderlich ist, wie in Lagerhäusern u. dergl. Diese Decken werden in 6 bis 16 cm Stärke — für gewöhnliche schwanken, so daß noch ausreichende Sicherheit vorhanden ist. Für größere Belastungen und Spannweiten, also geeignet für Warenhäuser, Fabriken u. dergl. hat **Golding** noch eine Decke konstruiert, bei der die über den I-Trägern liegende gerade Decke mit Streckmetalleinlagen in Abständen von 1,25 bis 1,50 m durch flache Gurtbogen gestützt wird, die zwischen die I-Träger gespannt sind; in diese Gurtbogen ist ein ⊔-Eisen in die Leibung eingelegt. Diese Decken, Fig. 909 u. 910, werden in Spannweiten von

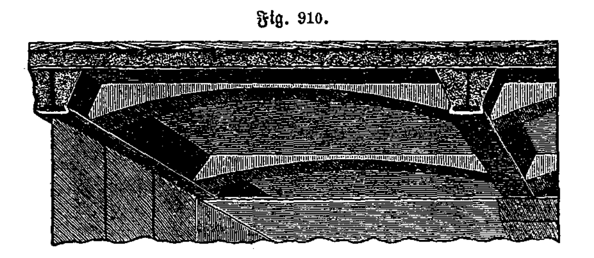


Fig. 910.

2,5 bis 5,00 m ausgeführt. Bei einer in der Versuchsanstalt in Charlottenburg angestellten Belastungsprobe trug eine solche Decke von 5 m Spannweite, 1,6 m Breite, 8 cm Betonstärke mit Streckmetall-Einlage von 75 mm Maschenweite und 6×3 mm Litzenstärke bei Verwendung von ⊔-Eisen Nr. 14 für die Gurtbogen eine Belastung von 4000 kg/qm, ohne zum Bruche zu kommen.[1])

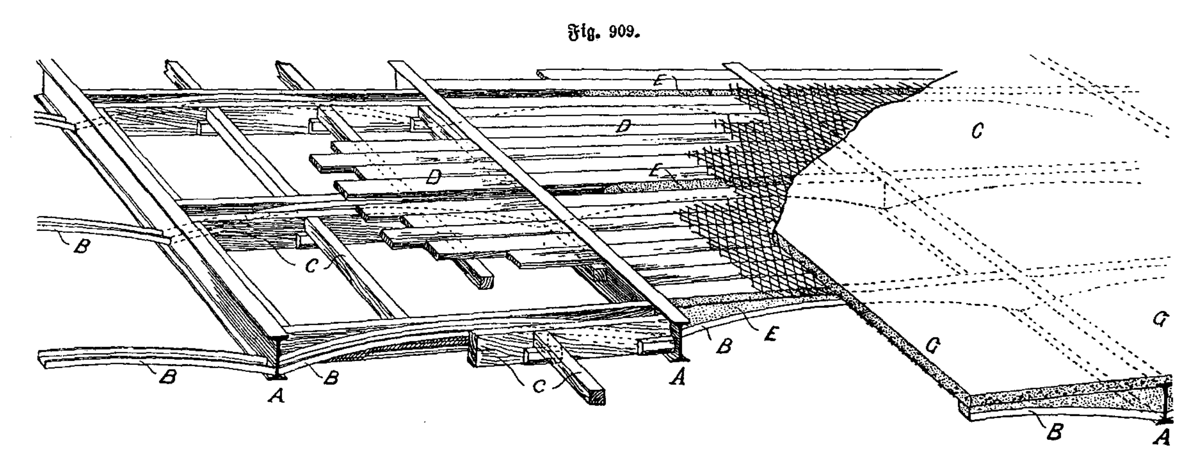


Fig. 909.

Verhältnisse ist eine Stärke von 6—8 cm genügend — mit einfachen Eiseneinlagen ausgeführt bei 75 mm Maschenweite. Eine 6 cm starke Decke mit 3×3 mm Litzenstärke kann eine Fachweite (Trägerentfernung) erhalten bis 1,50 m bei 250 kg/qm Nutzlast, eine 10 cm starke mit 6×3 mm Litzenstärke 2,60 m, und eine 16 cm starke mit 6×4,5 mm Litzenstärke bis 3,75 m Fachweite. Die Pressungen im Beton sollen dabei zwischen 20 bis 30 kg/qcm, die Zugspannungen im Eisen zwischen 1000 bis 1200 kg/qcm

Donathsche Decke, Fig. 911. Zwischen eisernen I-Trägern a, die bis zu 2,5 m voneinander entfernt sein können, werden I-Eisen b in Abständen bis zu 30 cm verlegt, die unter sich eine Verbindung durch Flacheisen c erhalten nach den in den Grundrissen angegebenen Anordnungen. Sollen die Untersichten der Hauptträger feuersicher umhüllt werden, so sind die Trageisen b zu verkröpfen (siehe Fig. 905). An dieses so hergestellte Stabnetz wird von unten das Drahtgewebe d befestigt, das zur Aufnahme der ersten Mörtelschicht e bestimmt ist. Auf

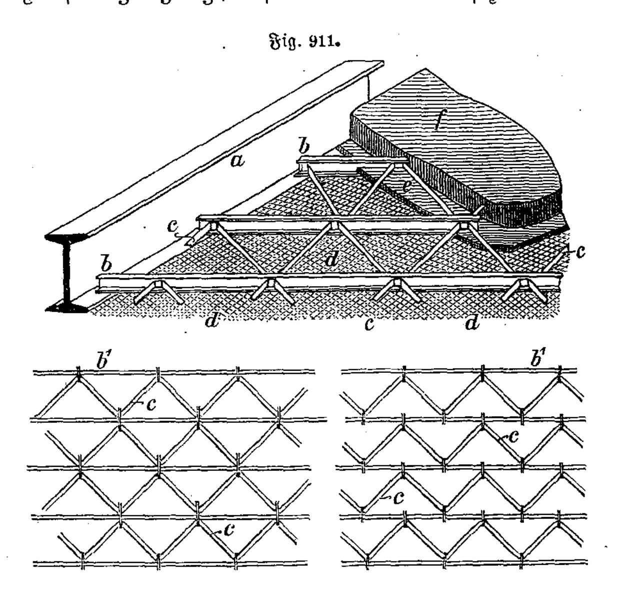
1) Siehe auch Fig. 1062a—d.

2) Siehe Fig. 201 u. 202.

1) Deutsche Bauzeitung 1901, S. 174.

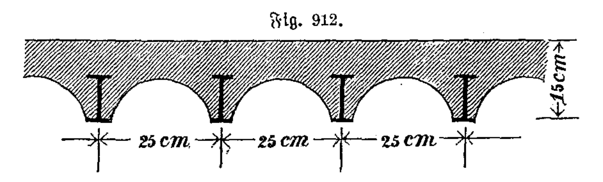
diese wird dann der Beton f schichtenweise aufgebracht, so daß die I-Eisen b nicht als selbständige Träger auftreten, sondern mit dem Beton als einheitlicher, in sich verbundener Körper zusammenwirken. Die Ausführung geschieht ohne Rüstung und Schalung, es wird nur ein Brett quer über die Hauptträger gelegt, auf dem die Arbeiter sitzend arbeiten.

Fig. 911.



Diese Decke unterscheidet sich in ihrer Wirkungsweise nicht wesentlich von der Monierbauweise; auch bei ihr werden die in der untern Hälfte des Querschnitts entstehenden Zugspannungen durch die eingelegten Eisen b, die Druckspannungen von dem Beton in der obern Hälfte des Querschnittes aufgenommen.[1])

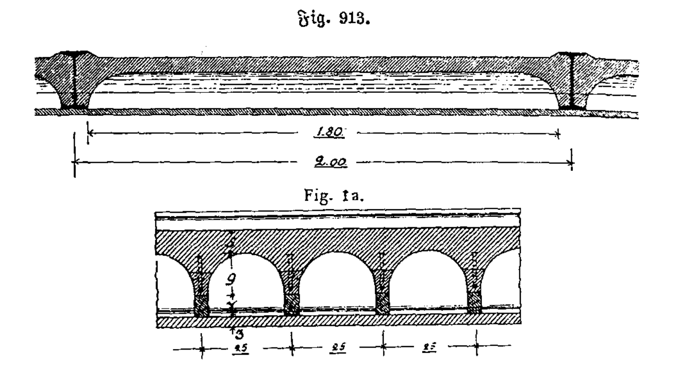
Fig. 912.



Auch die Koenensche Rippendecke, Fig. 912, beruht auf dem Gedanken, daß die aus I-Eisen in 25 cm Entfernung gebildeten Rippen nicht als selbständige Träger, sondern mit dem sie umgebenden Betonkörper zusammen als ein einheitliches, in sich verbundenes Ganzes wirken, bei dem das Eisen die Zug-, der Beton die Druckspannungen aufzunehmen hat.

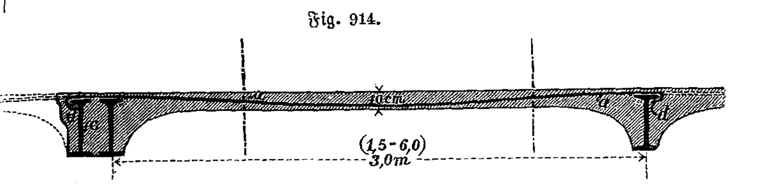
Die neue Koenensche Plandecke, Fig. 913, stellt sich als eine durch senkrechte Rippen versteifte Betontafel dar, deren oberer durchgehender Teil als Druckgurt und deren im unteren Teile der Rippen eingelegte Rundeisenstäbe als Zuggurt an vergrößertem Hebelarm und dementsprechend mit geringern Spannkräften zur Wirkung kommen. Die im Querschnitt bogenförmig ineinander übergehenden Rippen ruhen im frischen noch weichen Zustande auf entsprechend starken Holzlatten, die zugleich zum Aufsetzen von gebogenen, etwa 1 m langen Lehren von Eisenblech dienen, auf denen der Beton eingestampft wird. Durch Überschieben der Bleche läßt sich auch jede

Fig. 913.



andere Länge als das Vielfache von 1 m herstellen. Diese so gebildete Rippendecke ist mit einer unterhalb der Träger durchgehenden ebenen Decke verbunden, die bei der geringen Rippenteilung von nur 25 cm unmittelbar an diesen Holzlatten angebracht wird und aus Rohrung und Putz, Gipsdielen, Thonplatten, Drahtputz, oder als Zierdecke aus Stuck, Holz oder dergl. gebildet wird. Soll diese Unterdecke ebenfalls massiv werden, so reichen die Betonrippen so tief herab, daß ihre Unterkanten mit den Trägerunterkanten bündig liegen; in diesem Fall dienen die Holzlatten unterhalb der Rippen nur während der Ausführung als Schalungsträger der Betonplatte bis zu ihrer Erhärtung. Zur Befestigung der Unterdecke werden dann Halter aus verzinktem Eisendraht, die im Rippenkörper einbetoniert sind, benutzt.[1])

Fig. 914.



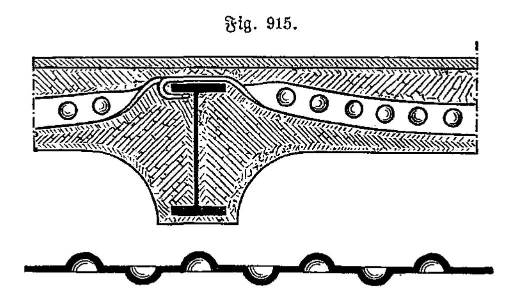
Die Koenensche Voutenplatte, Fig. 914, besteht aus einer Betonplatte mit Eiseneinlagen, die so angeordnet sind, daß sie in der Mitte im untern, an den Enden aber im obern Teil der Deckenplatte liegen. Die Endstücke erleiden auf diese Weise eine konsolartige Beanspruchung, während das Mittelstück als eingespannter Balken von ihnen getragen wird. Es ist leicht ersichtlich, daß so bei

1) Centralblatt der Bauverwaltung, 1897, S. 49.

1) Die Koenensche Plandecke, von der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau, Berlin 1900. Centralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 108. Siehe auch System Siegwart, Deutsche Bauzeitung 1901, S. 552.

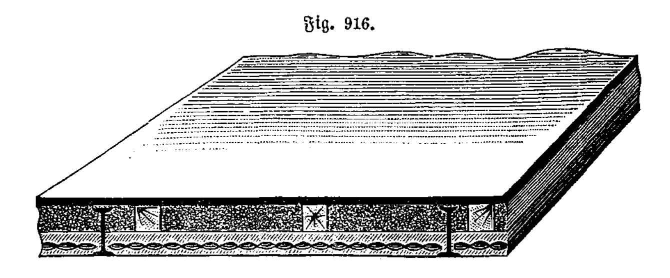
verhältnismäßig geringer Plattenstärke die Überdeckung ziemlich großer Felder möglich ist. In der That haben Probebelastungen und Ausführungen bisher recht günstige Ergebnisse geliefert.

Fig. 915.



Die Deckenplatte von Reg.-Baumeister Stapf in Berlin, Fig. 915, zeigt dieselbe Konstruktion, nur sind die Flacheisen hochkantig eingebettet und mit einerseits vorstehenden anderseits vertieften Buckeln versehen, wodurch eine innigere Verbindung zwischen Eisen und Cementmörtel erreicht werden soll.

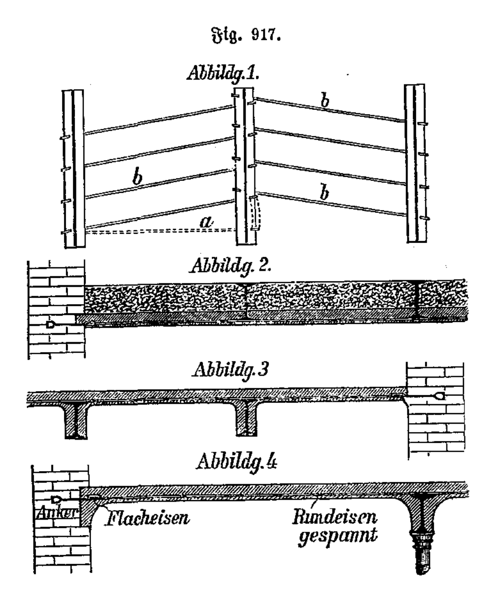
Fig. 916.



Auch bei den Spiraleisen-Betonbauten der Firma Thomas & Steinhoff in Mülheim a. d. Ruhr, Fig. 916, werden keine Rundstäbe oder einfache Profileisen, sondern spiral- oder richtiger schraubenförmig gewundene dünne Flacheisen verwendet, wodurch in derselben Weise ein innigeres Zusammenwirken der beiden Materialien erreicht werden soll. Im übrigen sind die Konstruktionen vollständig den Monierkonstruktionen entsprechend.

Bei der Spanneisen-Decke der Firma Paul Zöllner & Co. in Berlin, Fig. 917, sollen die zu Einlagen in einer Betonplatte verwendeten Rundeisenstäbe durch Anspannung tragfähig gemacht werden. Die Stäbe hängt man zu diesem Zweck mit den zu Haken umbogenen Enden in der geraden, gestrichelten Lage a an die Unterflanschen der Deckenträger auf und verschiebt sie dann an einem Ende in die schräge, ausgezogene Lage b. Die so angespannten Stäbe werden von einer Betonplatte derart umhüllt, daß, wie bei der Monierdecke, die Einlagen etwa im unteren Drittel des Querschnittes liegen. Dem von den zwischengespannten Stäben gegen die Träger und Wände ausgehenden wagerechten Zug muß die Druckfestigkeit der Betonplatte begegnen. An den Wänden entlang, wo Träger fehlen, werden zur Befestigung der Stäbe mit dem Mauerwerk zu verankernde Flachschienen verlegt. Dieser Konstruktion wird nachgerühmt, daß sie bei geringer Dicke die Festigkeit von Beton und Eisen vollkommen ausnutzt und infolgedessen an Material spart. Außerdem soll sie eine Beanspruchung der Deckenträger auf Drehung bei jeder Belastungsweise vermeiden. — Die beigegebenen Abbildungen veranschaulichen verschiedene Formen dieser Deckenart, deren Ausführung im übrigen in bekannter Weise bewirkt wird.[1])

Fig. 917.



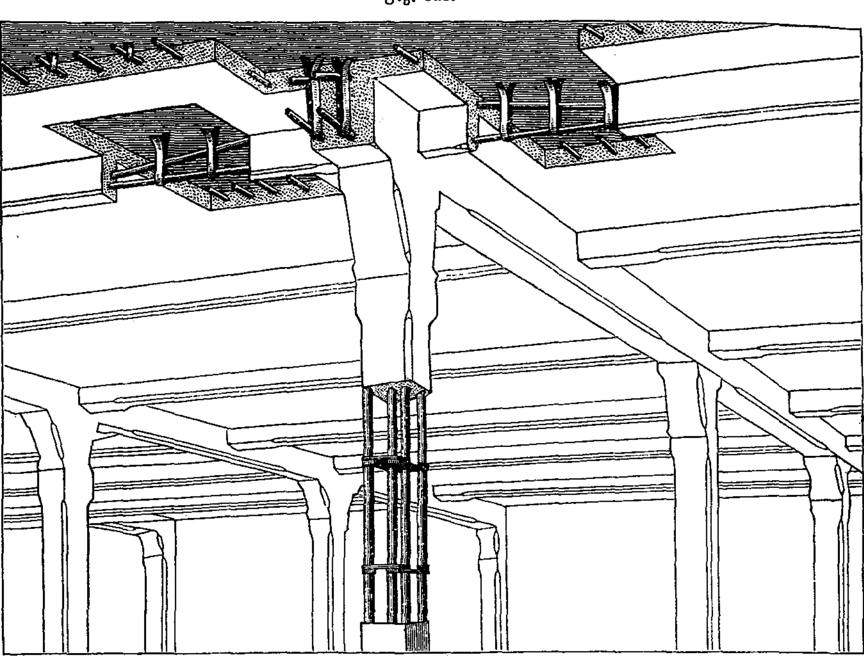
Das System Hennebique, nach dem nicht nur Decken, sondern ganze Bauten ausgeführt werden, erfreut sich besonders in Frankreich, Belgien und England vielfacher Anwendung und wurde auch in Deutschland in den letzten Jahren mehrfach zur Anwendung gebracht, Fig. 918. Ihre Vorzüge beruhen in großer Tragfähigkeit bei Spannweiten bis zu 16 m, und in der Unabhängigkeit von eisernen Trägern und eisernen Stützen, die durch Rundeisenkonstruktionen in eigenartiger Anordnung ersetzt werden. In der Pariser Ausstellung hat Hennebique's Bauweise ausgedehnte Verwendung gefunden; so ist z. B. die in einem Einschnitt liegende Moulineaux-Eisenbahn mit 7000 qm Hennebiquescher Konstruktion überdeckt, und auf dieser Überdeckung standen Ausstellungsbauten, unter andern auch das deutsche Haus.

Hennebique baut seine Träger nach dem System des Hänge- und Sprengwerkes, indem die Rundeisenkonstruktionen durch Flacheisenbügel umfaßt werden, die von den unteren Teilen der Balken bis in die Deckenplatte reichen, und von der Mitte nach den Auflagern zu in geringern

1) Deutsche Bauzeitung 1899, S. 524.

Abständen rechnungsgemäß angeordnet werden. Je nach der Größe der Belastung liegen in einem Balken ein oder mehrere solcher Systeme. In der Deckenplatte selbst liegen gleichfalls gerade und gebogene Rundeisenstäbe verteilt. Einfach ist die Konstruktion der Stützen: Je nach der Größe der Belastung werden dieselben aus vier oder mehr Rundeisenstangen gebildet, die in 0,40 bis 0,50 m Abstand durch entsprechend gelochte Bleche eine gesicherte Lage erhalten und dann in Cementbeton eingebettet werden. Stöße liegen stets innerhalb der Deckenplatten mit Sicherung durch Überschübe.

Fig. 918.



Im Mauerwerk erhalten die Balken ein schwalbenschwanzförmiges Auflager, wodurch eine sehr gute Verankerung der Mauern hergestellt wird.[1]) Die Decken besitzen große Steifigkeit und üben keinen Schub auf die Mauern aus, doch bedarf die Konstruktion wie alle Cementeisenkonstruktionen durchaus sorgfältiger, gewissenhafter Ausführung unter sachkundiger Leitung, wenn sie den großen Anforderungen, die gestellt werden, entsprechen und die genügende Sicherheit bieten soll.

In Fällen, in denen die Decken die Form eines Gewölbes irgend einer Art erhalten sollen, die Umfassungswände aber zu schwach sind, um als Widerlager dienen zu können, lassen sich mit Vorteil die Cementeisen-Konstruktionen verwenden, da sie leichte Formungsfähigkeit besitzen, die jede nur irgend gewünschte Gestaltung zuläßt, geringes Eigengewicht haben und keinen Seitenschub ausüben, so daß sich ihnen Verwendungszwecke eröffnen, die dem Stein- und Betonbau verschlossen sind.

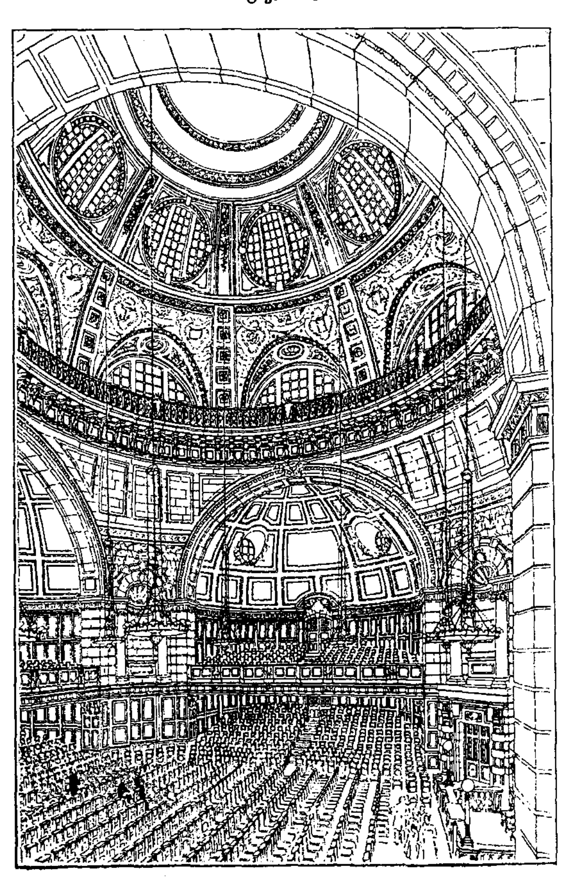
Als Beispiel geben wir in Fig. 919 das Innere einer Rundkirche von Spalding & Gross in West-Hampstead mit stark durchbrochener Kuppel.[2])

N. Die römischen Gewölbebauten.

§ 32.

Wenn sich Gewölbe auch schon in ältester Zeit bei den Assyriern, Babyloniern und Ägyptern finden, so war es doch den technisch gewandten Römern vorbehalten, den Gewölbebau in hervorragender Weise in die Baukunst einzuführen und zur Geltung zu bringen Das halbkreisförmige Tonnengewölbe, die Halbkreisnische, das Kuppelgewölbe

Fig. 919.



1) Centralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 237.

2) Zeitschrift für Bauwesen 1900, S. 470.

und das Kreuzgewölbe fanden ausgedehnte Anwendung, und in Abmessungen, die geradezu Staunen erregen.[1])

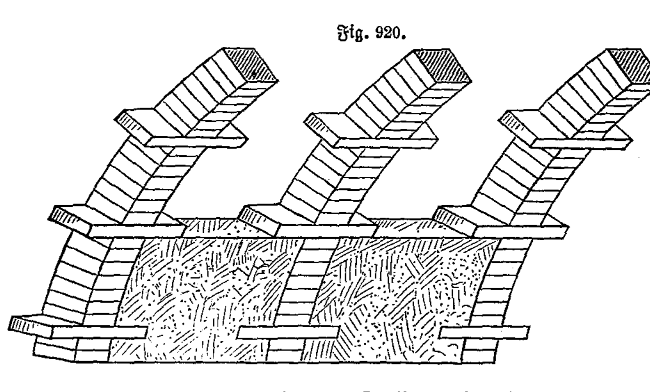
Als Beispiel dieser gewaltigen gewölbten Räume geben wir auf Taf. 72 die Thermen des Caracalla in Rom, nach Viollet-le-Duc.

Es bietet ein großes historisches Interesse, diese durch die großen Spannweiten hervorragende Gewölbetechnik etwas näher kennen zu lernen, doch müssen wir uns hier auf einige kurze Notizen beschränken.

Fig. 922.

Gewölbe, ganz aus Hausteinen oder aus gebrannten Ziegeln hergestellt, finden sich bei

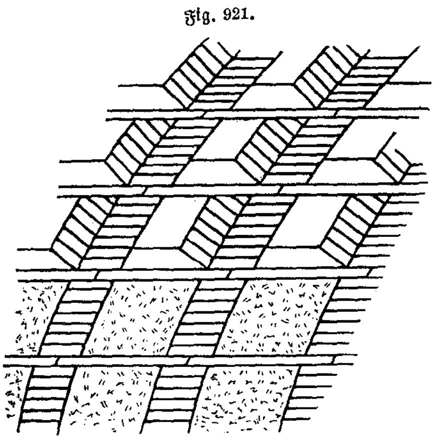
Fig. 920.



den Römern nur in seltenen Fällen; in der Regel bestehen sie aus einzelnen mit Backsteinen hergestellten Bogen, zwischen die, wie bei dem Mauerwerk, eine aus Backsteinbrocken und Mörtel bestehende Gußmasse (Emplecton), eine Art Beton, eingebracht wurde.

Fig. 923.

Fig. 921.

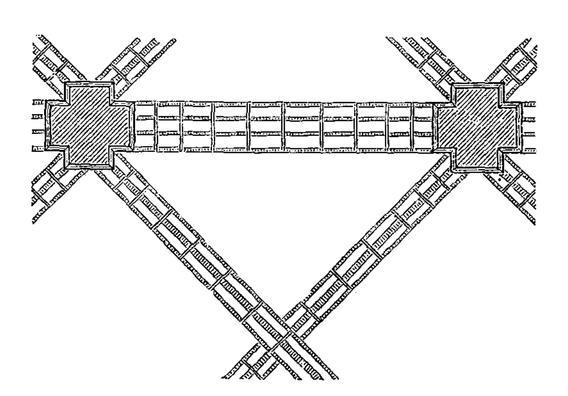


Bei den Tonnengewölben wurden in diese Backsteingurtbogen entweder nur einzelne größere Plattenziegel eingelegt, die die erforderliche Verbindung mit dem Gußmauerwerk herstellten, Fig. 920, oder es wurden diese Backsteingurten durch durchgehende Schichten aus Platten-

1) Choisy, L'art de bâtir chez les Romains, Paris 1873 und Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd.

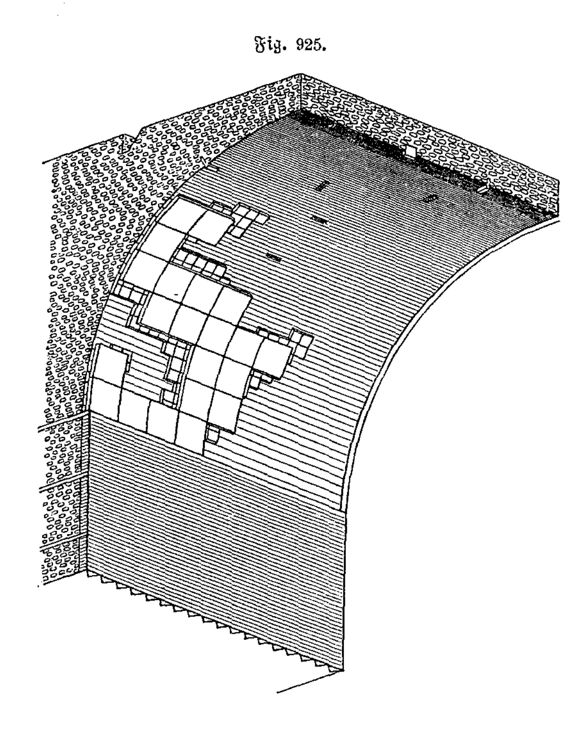
ziegeln, Fig. 921, so miteinander verbunden, daß sich lauter Zellen bildeten, deren Gewicht von einer verhältnismäßig

Fig. 924.



leichten Einrüstung getragen werden konnte. War das Bindemittel dieser Zellenbogen gehörig erhärtet, so wurde der Beton in einzelnen Schichten, von beiden Widerlagern aus gleichzeitig beginnend, als Packung sorgfältig aufgebracht. Bis zur Brechungsfuge konnte das schnell erhärtende Gußmaterial die Bogen nur wenig belasten, diese erhielten aber durch die Ausfüllung eine bedeutende Verstärkung, so daß das Schließen des Gewölbes ohne starke tragende Einrüstungen möglich wurde. Die ursprünglich tragenden Teile wurden aber bei der Gewölbedekoration nicht

Fig. 925.



ausgezeichnet und Bogen und Füllmauerwerk verschwanden unter dem deckenden Putze. Häufig wurden die Gewölbeleibungen durch Kassetten in Gestalt von Quadraten, Rechtecken, Achtecken und anderen regelmäßigen Vielecken belebt, wodurch zugleich auch das Gewicht der Gewölbemasse verringert wurde. Das Prinzip der unter sich verbundenen, aus Ringen zusammengesetzten Bogen wurde dabei nicht verlassen, wie die 24 m weit gespannten Tonnengewölbe der Maxentius-Basilica in Rom beweisen, Fig. 922.

Ähnliche Anordnungen von Zellensystemen finden sich auch bei den Kuppelkonstruktionen, z. B. beim sogenannten Tempio della Tosse in Tivoli, Fig. 923,[1]) wobei die central verlaufenden Gurten mit ringförmigen Plattenschichten verbunden sind.

Bei den Kreuzgewölben wurden trotz ihrer bedeutenden Spannweiten nur die Schild- und Gratbogen als Zellen-

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd., Fig. 157.

bogen ausgeführt und die dazwischen liegenden Gewölbefelder mit Betonpackung ausgefüllt, Fig. 924. Auch hier verschwanden Rippen und Füllgemäuer unter dem deckenden Putze und waren, wie bei dem Tonnengewölbe, Kassettierungen in Übung.

Eine andere Art der Konstruktion bestand darin, daß auf die leicht unterstützte Gewölbeschalung eine Art von Pflasterung mit großen Steinplatten aufgebracht wurde; bei größeren Spannweiten wurde diese erste Steinschale durch eine zweite Lage von kleineren Platten, die mit Gips oder gutem Puzzolanmörtel verlegt wurden, verstärkt. In dieser zweiten Schale wurden, im ganzen Gewölbe verteilt, einzelne Plättchen aufrecht gestellt, um einen besseren Halt für den später auf die schnell erhärtete Doppelschale aufzubringenden Beton zu gewinnen, Fig. 925. Im unteren Teile gab der Beton der Steinschale eine so große Verstärkung, daß das Schließen des Gewölbes ohne Gefahr eines Durchbrechens vorgenommen werden konnte.

Ohne diese tragenden Rippen oder Steinschalen würde für die schweren Gewölbemassen eine sehr kräftige Einrüstung notwendig geworden sein; so aber wurde die Last auf das vorher konstruierte Steingerippe übertragen, das nun das eigentliche Gerüst bildete und sich mit dem Füllmauerwerk zu einer einzigen festen Masse verband.

Viertes Kapitel.

Massive Steindächer (Turmhelme).

§ 1.

Allgemeines.

Massive Steindächer können aus Werkstein oder aus Backstein hergestellt werden; Beton[1]) und Cementeisenkonstruktionen[2]) können hierzu wohl ebenfalls Verwendung finden, sie werden aber zur dauernden Erhaltung einer Schutzeindeckung kaum entbehren können, stehen außerdem im Aussehen und in Erhaltung der Farbe den anderen Steinmaterialien nach, so daß sie zur Anwendung an Monumentalbauten, die hier allein in Frage kommen, kaum ernstlich in Betracht gezogen werden können.

Die Vorzüge der steinernen Turmhelme liegen, abgesehen von ihrer monumentalen Wirkung in der Einheitlichkeit des Materials des ganzen Turmaufbaues, in der Feuersicherheit, namentlich gegen Blitzschlag, und bei richtiger Materialauswahl in der großen Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse.

Die Form der Steindächer ist eine mannigfaltige, und es finden sich fast alle Formen, wie sie mit Hilfe von Holzgerüsten hergestellt werden, insbesondere sind es aber Pyramidendächer (Helmdächer) und kuppelförmige Dächer der Kirchtürme und Kirchenkuppeln, die hier in Frage kommen. In der Barockzeit sind aber auch vielfach Glockendächer und geschweifte Hauben aller Art zur Ausführung gekommen.

Die aus Steinen oder Platten aufgebauten Dachkonstruktionen besitzen zahlreiche Fugen, die bei ihrer den Witterungseinflüssen stark ausgesetzten Lage den Zutritt der Feuchtigkeit gestatten, wenn sie nicht davor geschützt werden. Besonders ist dies beim Backsteinmauerwerk der Fall, das daher dem Haustein nachsteht. Das Dichten der Fugen erfolgt mit Mörtel, der bei den Backsteinhelmen überdies zur Aufmauerung und Verkittung der kleinen Steine erforderlich ist.

Große Sorgfalt in Wahl und Behandlung des Mörtels ist neben der richtigen Auswahl eines witterungs- und frostbeständigen Steinmaterials für den dauernden Bestand der Konstruktion von größter Wichtigkeit, und es dürfte sich Kalkmörtel oder Cement-Kalkmörtel am meisten empfehlen, da genügende Erfahrungen über die Luftbeständigkeit reiner Cementmörtel in der exponierten Lage nicht vorliegen.

Je steiler die Wandungen der Helme stehen, um so widerstandsfähiger sind diese gegen Witterungseinflüsse, da das Wasser rasch abläuft und Schnee überhaupt nicht liegen bleiben kann, und um so geringer ist auch der auf die Turmmauern ausgeübte Seitenschub. Die Wandstärke ist verhältnismäßig gering, und es genügt im allgemeinen eine Dicke von etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ der lichten Weite, bei schwerem und sehr festem und dichtem Material sogar schon $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$; bei achtseitigen Pyramiden beträgt die Wanddicke etwa $^1/_8$ bis $^1/_7$ der Länge einer Achteckseite. So finden wir an dem durchbrochenen Helm der Liebfrauenkirche in Worms eine Dicke von $^1/_{19}$ der lichten Weite, am Freiburger Münster $^1/_{15}$ der lichten Weite und $^1/_7$ der Länge einer Achteckseite.

Backsteinhelme pflegt man nicht unter 1 Stein stark zu machen, schon mit Rücksicht auf die Sicherung gegen Durchschlagen von Feuchtigkeit.

§ 2.

Steindächer aus Werksteinen.

Die pyramidenförmigen Helme werden entweder aus Hausteinschichten oder aus Platten hergestellt.

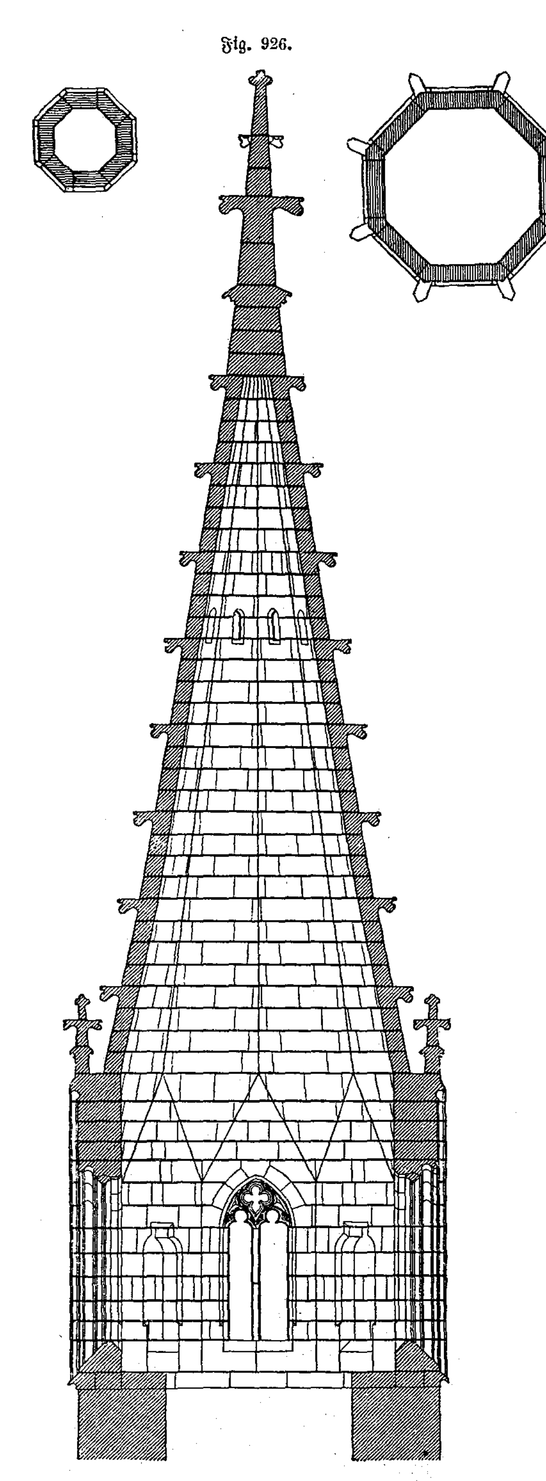
Bei den in Schichten aufgemauerten Helmen liegen die Lagerfugen entweder wagerecht, wie bei dem Turmhelm

1) Deutsche Bauzeitung 1884 u. 1886, betreffend Ausbau der Görlitzer Peterskirchtürme in Cementbeton.

2) Siehe Fig. 919.

der Oberhoven-Kirche zu Göppingen, Fig. 926,[1]) oder senkrecht zur Helmneigung. Die erstere Anordnung läßt sich

Fig. 926.



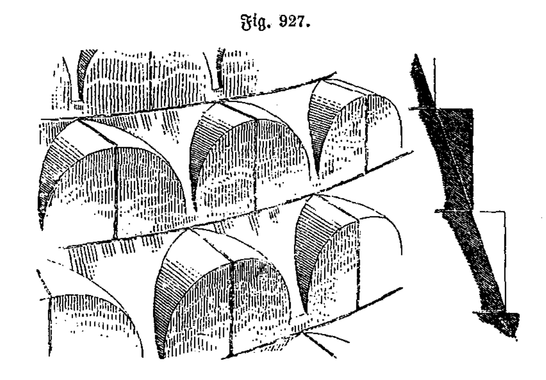
bequemer ausführen, und verhütet leichter das Eindringen von Feuchtigkeit, hat aber den Nachteil spitzwinkliger Kanten, der aber bei steilen Helmen kaum von Belang ist und sich

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 5. H.

durch verschiedene Behandlung der Oberfläche, wie sie sich an französischen Bauten findet, leicht umgehen läßt. Fig. 927[1]) zeigt eine dieser Ausbildungen vom Helm des Turmes der Abbaye des Dames zu Saintes, die aber den Nachteil hat, daß das Wasser stets auf die Stoßfugen der darunter liegenden Schicht abgeführt und dann erst seitlich abgeleitet wird.

Als Beispiel eines sehr reich durchgebildeten Helmes mit horizontaler Schichtung geben wir in Fig. 928 u. 928a Ansicht und Schnitt des Turmes der Eglise de Gaudebec-en-Caux (Seine inférieure).[2])

Fig. 927.



Der obere Abschluß der Helme erfolgt durch eine Bekrönung aus Stein oder Metall; es empfiehlt sich in allen Fällen, die Helmspitze auf eine Anzahl Schichten massiv herzustellen, und die Steinbekrönungen, wenn sie aus kleinern Steinen bestehen, ebenso wie die metallenen durch eine in der Helmspitze herabgeführte Eisen- oder Kupferstange zu befestigen, wobei an der obern Öffnung Vorsorge zu treffen ist, um das Eindringen von Wasser in die Pyramidenspitze zu verhindern.

Kuppelförmige Helme werden stets Lagerfugen senkrecht zur Gewölbelinie erhalten, und es müssen deshalb steile Linien gewählt werden, um zu steile Lage der Fugen zu vermeiden, andernfalls das Eindringen des Wassers kaum verhindert werden kann. Die Zahl der Fugen wird wenigstens in den äußern Flächen thunlichst zu verringern sein.

Derartige Anordnungen zeigt der mit Laterne und pyramidenförmiger Spitze versehene Kuppelhelm der Dreikönigskirche in Dresden-Neustadt, Fig. 929,[3]) bei der die aus Kupfer hergestellte Bekrönung durch an den Innenwänden der Pyramide herabgeführte Eisenschienen gehalten wird, die mit allen Steinschichten durch Klammern verbunden sind und dadurch gleichzeitig eine lotrechte Verankerung der ganzen Spitze bewirken.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 5. H.

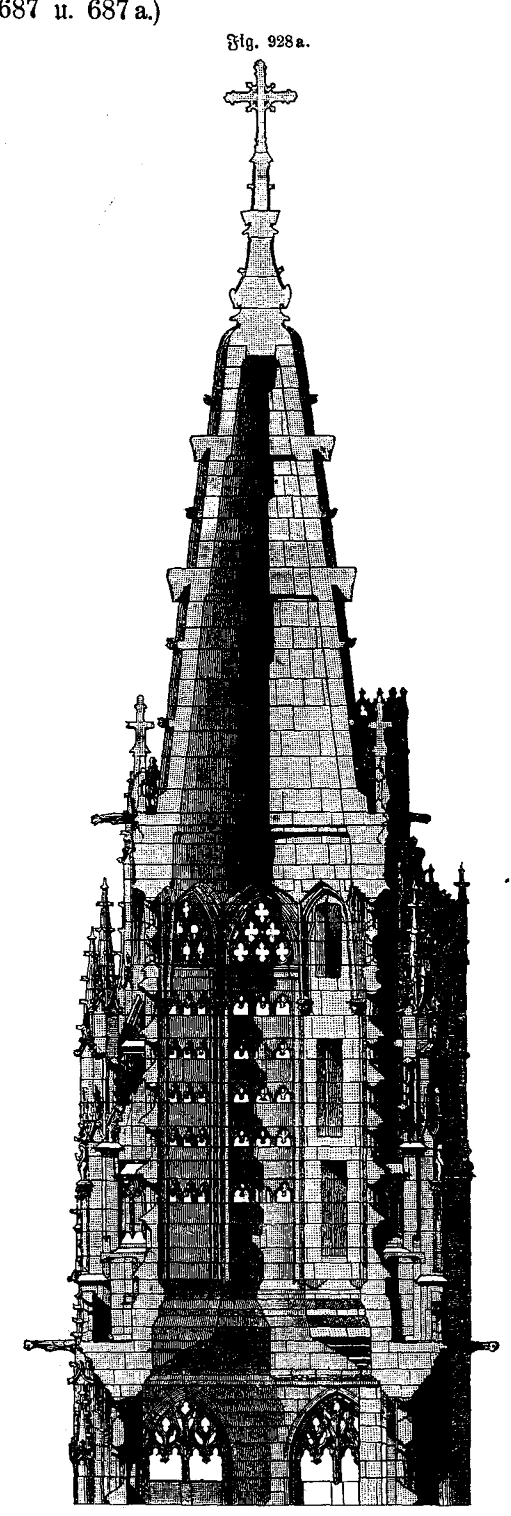
2) Archives de la Commission des Monuments historiques, Bl. 72.

3) Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 5. H., S. 351.

Fig. 930 u. 930a zeigen die halbkugelförmige Dachhaube mit Laterne und runden Öffnungen auf kugelförmiger Überführung von dem Turm der Kirche St. Germain in Argentan.[1]) Der untere Teil ist horizontal vorgekragt, der obere Teil mit Ringschichten gewölbt zwischen verstärkten Rippen. (Siehe noch Fig. 931 u. 931a, sowie Fig. 687 u. 687a.)

Fig. 928.

Fig. 928a.

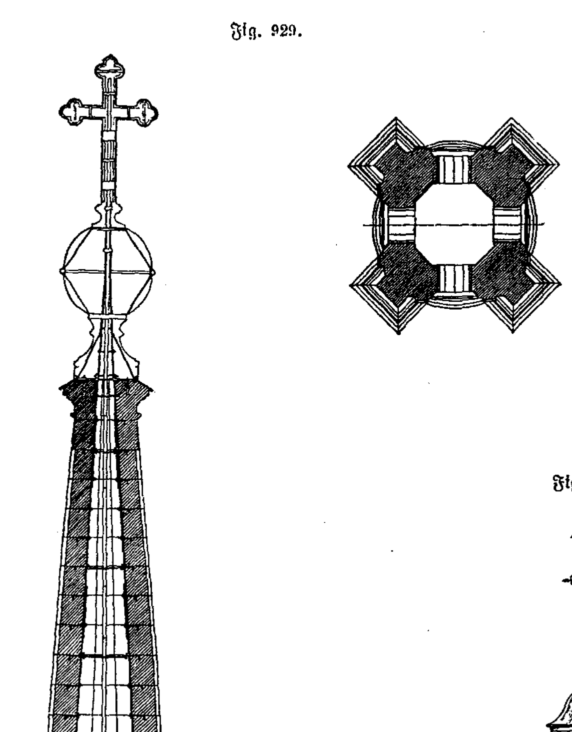


Das kuppelförmige Steindach am Turm des Domes in Frankfurt a. M., Fig. 931 u. 931a[1]) hat an den Ecken

1) Aus „Monuments historiques", Taf. 79.

1) Wolff, Der Kaiserdom in Frankfurt a. M. Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 5. H., S. 352.

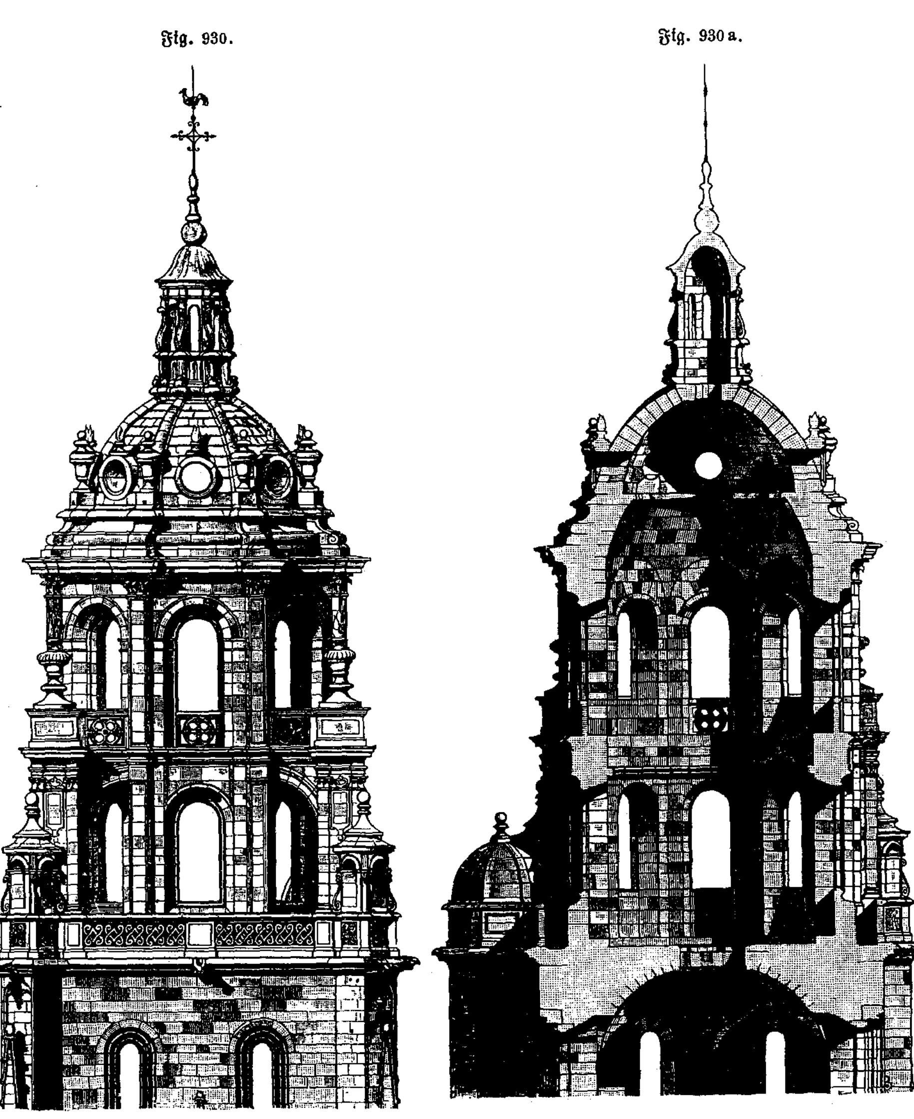
Fig. 929.



Sicherung gegen Seitenschub als eine in sich fest verbundene Masse hergestellt, indem die obern wagerechten Fugenflächen der Werkstücke mit Nuten versehen sind, in die Federn eingreifen, die an den untern Lagerflächen der darüber liegenden Steine angearbeitet sind. Außerdem sind alle Steine einer Schicht sorgfältig durch Klammern miteinander verbunden. Auch an den obern Teilen der Kuppel (Klostergewölbe) sind ähnlich konstruierte Ringe an geeigneten Stellen eingelegt worden.

Bei den reich durchgebildeten mit Maßwerk durchbrochenen Turmhelmen erfolgt die Konstruktion in ähnlicher Weise mit Rippen und dazwischen gestellten Maßwerk-

Fig. 930. Fig. 930a.



starke, nach außen und innen vortretende mit Kriechblumen verzierte Rippen, zwischen welche sich die Kuffschichten der Wölbung einspannen, und die die Strebepfeiler der mit einer pyramidenförmigen Spitze abgeschlossenen Laterne aufnehmen. Die untern Schichten der Kuppel sind zur

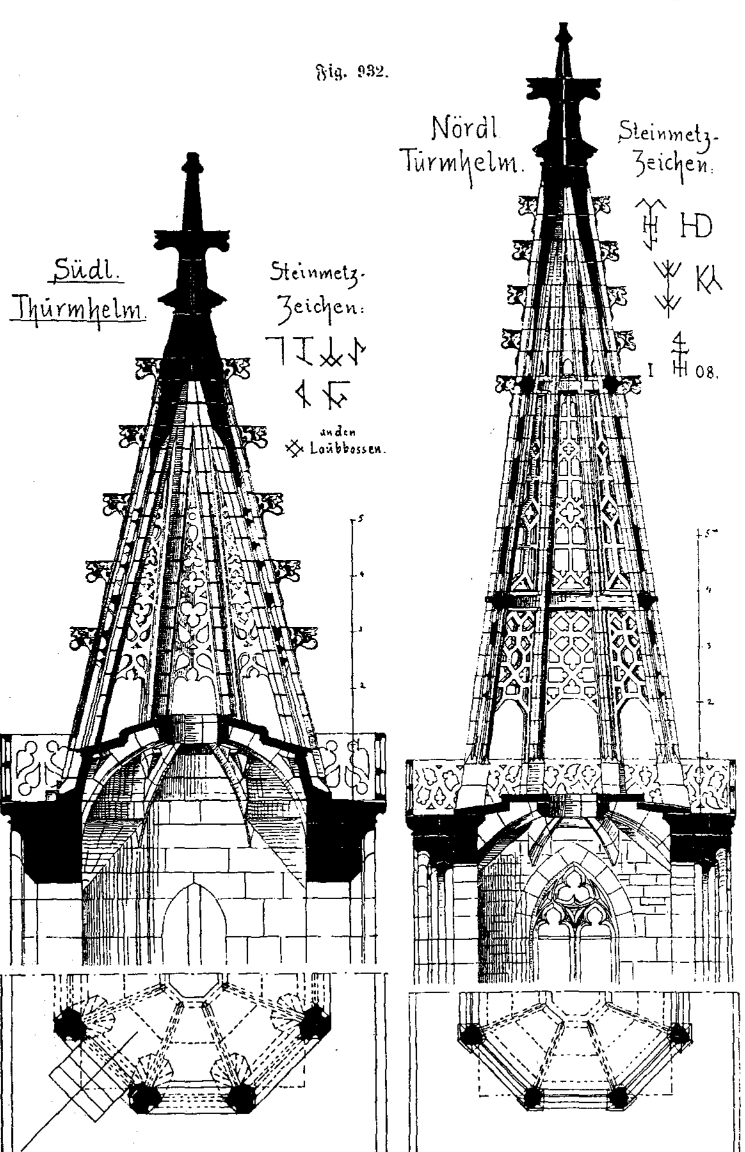
platten, die bei kleinern Türmen aus je einem Stück bestehen, bei größern Abmessungen aber aus mehreren entsprechend gestalteten und von Zeit zu Zeit durch Binder mit den Rippen verbundenen Teilen bestehen; der Fugenschnitt ist so anzuordnen, daß die Stränge des Maßwerkes

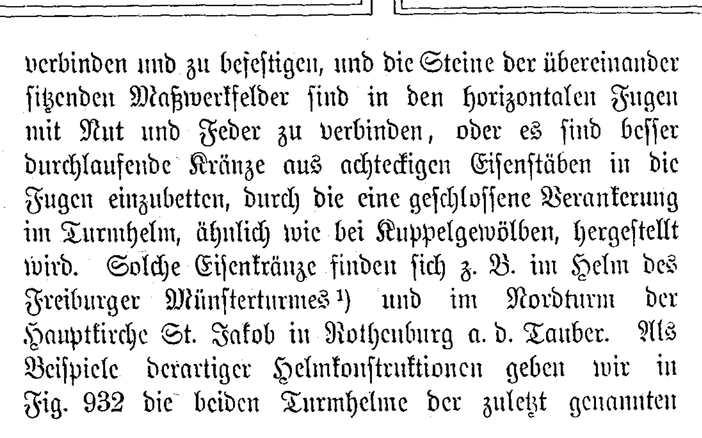
Fig. 931.

Fig. 931a.

rechtwinklig geschnitten werden. Alle Stücke sind sorgfältig mit eisernen oder bronzenen Dübeln und Klammern zu

Fig. 932.

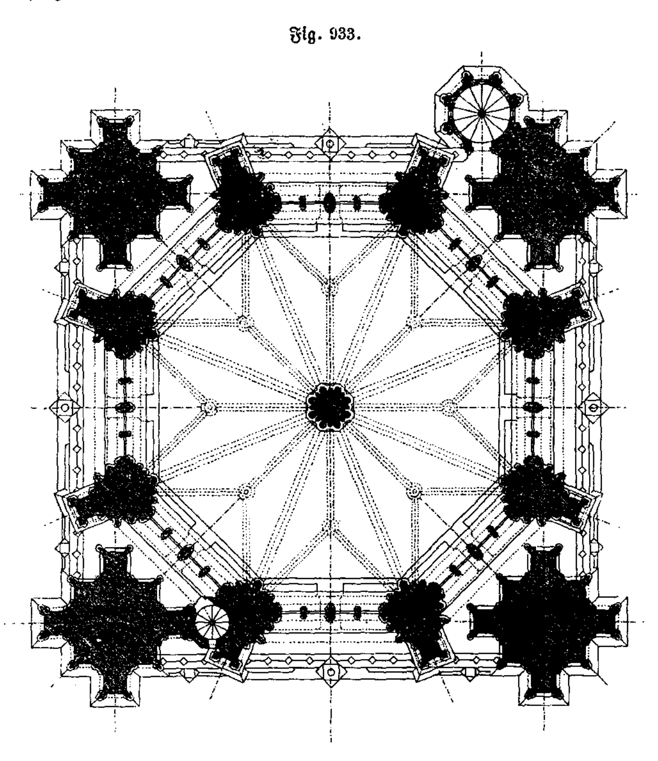



verbinden und zu befestigen, und die Steine der übereinander sitzenden Maßwerkfelder sind in den horizontalen Fugen mit Nut und Feder zu verbinden, oder es sind besser durchlaufende Kränze aus achteckigen Eisenstäben in die Fugen einzubetten, durch die eine geschlossene Verankerung im Turmhelm, ähnlich wie bei Kuppelgewölben, hergestellt wird. Solche Eisenkränze finden sich z. B. im Helm des Freiburger Münsterturmes[1]) und im Nordturm der Hauptkirche St. Jakob in Rothenburg a. d. Tauber. Als Beispiele derartiger Helmkonstruktionen geben wir in Fig. 932 die beiden Turmhelme der zuletzt genannten

1) Moller, Denkmäler der Baukunst, und Zeitschrift für bildende Kunst, 1877, S. 221.

Kirche,[1]) aus der auch die Konstruktion der Plattenabdeckungen auf Gurtbogen der Turmgeschosse ersehen werden kann, und in Fig. 933 u. 934 Grundriß und Schnitt der gewaltigen Turmhelme des Kölner Domes,[2]) in denen sich hochgeführte Wendeltreppen befinden, deren Wandungen in drei Geschossen durch diagonale mit Maßwerk gegliederte Hausteinrippen mit den Gratrippen der Helme verbunden sind, wodurch diese letztern unter sich kräftig verstrebt und abgesteift werden.

Fig. 933.



Zu Steinabdeckungen werden Steinplatten oder Werkstücke verwendet, die auf Unterlagern aufruhend, sich in entsprechender Weise überdecken und überbinden. Als Beispiele geben wir in Fig. 935 u. 936 die Bildung der Steindächer der Kirche Le Sacré-Coeur de Montmartre in Paris,[3]) bei denen über den Deckengewölben in der Richtung der Dachneigung durch Längsgurten verbundene Gurtbogen gespannt sind, deren Entfernung der Länge der aufzunehmenden Abdecksteine entspricht.

§ 3.

Dachhelme aus Backsteinen.

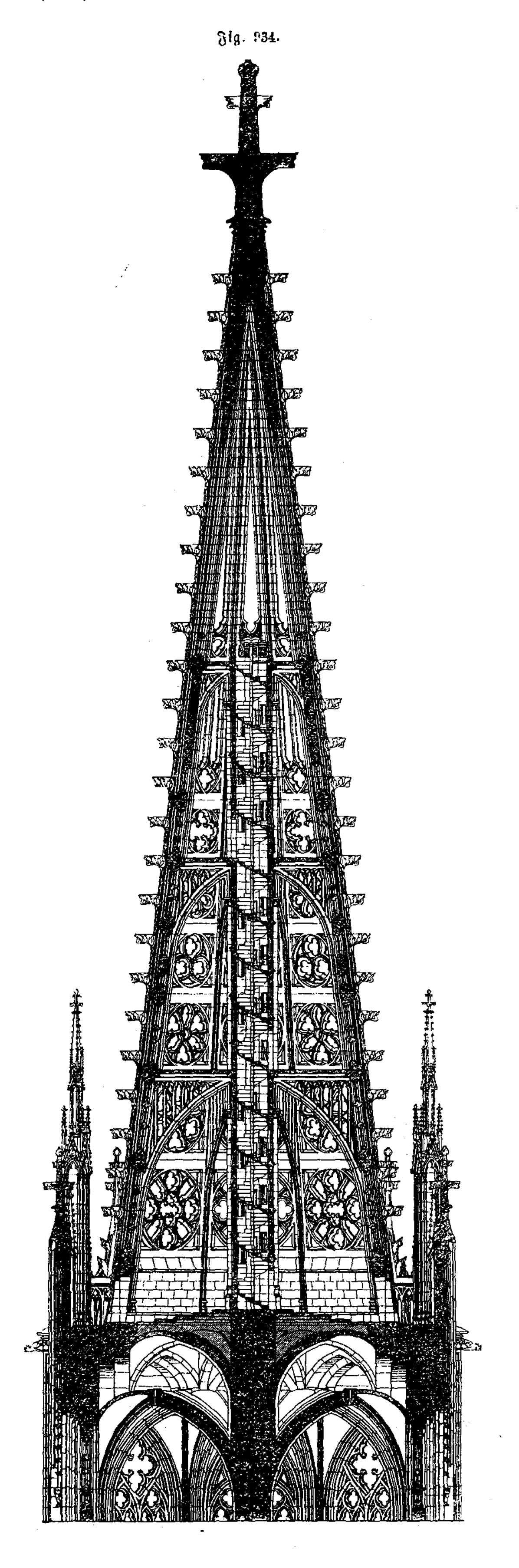
Die Ausführung der Helmdächer aus Backsteinen erfolgt in Schichten, deren Lagerfugen entweder wagerecht oder senkrecht zur äußern Helmfläche gerichtet sind. Bei

1) Zeitschrift für Bauwesen, 1900, S. 441.

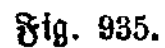
2) Schmitz, Der Dom in Köln.

3) La Construction moderne, 1891 u. 1892. Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd, 5. H., S. 356.

Fig. 934.



wagerechter Schichtung müssen entweder Formsteine verwendet werden, bei denen die äußern Flächen entsprechende Neigung besitzen, wogegen die innern Flächen lotrecht


Fig. 935.

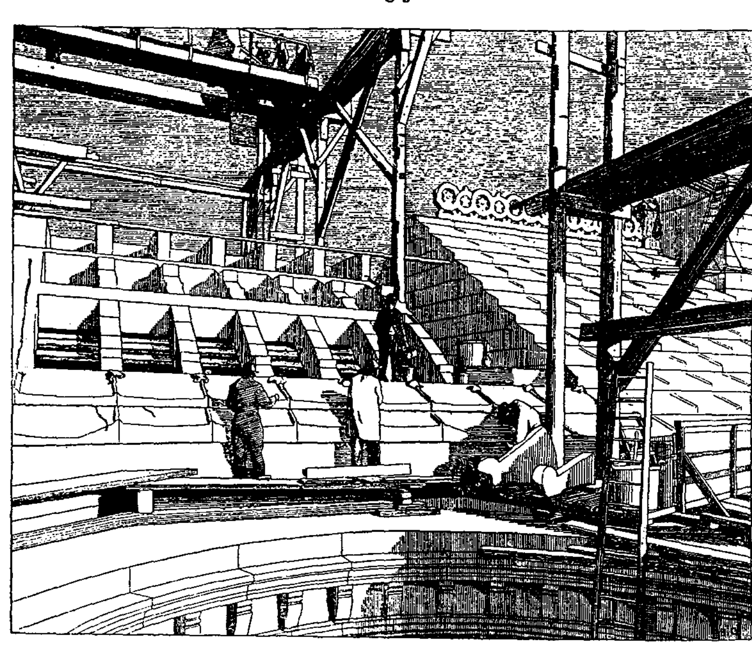
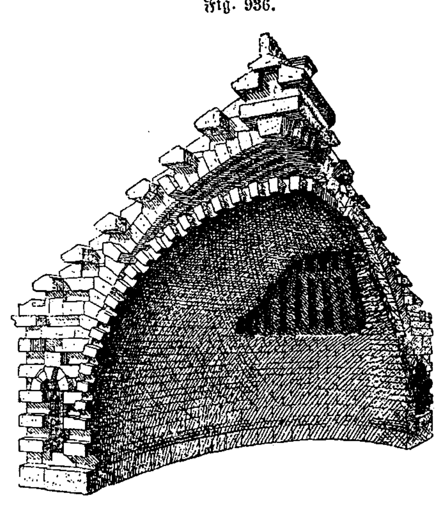


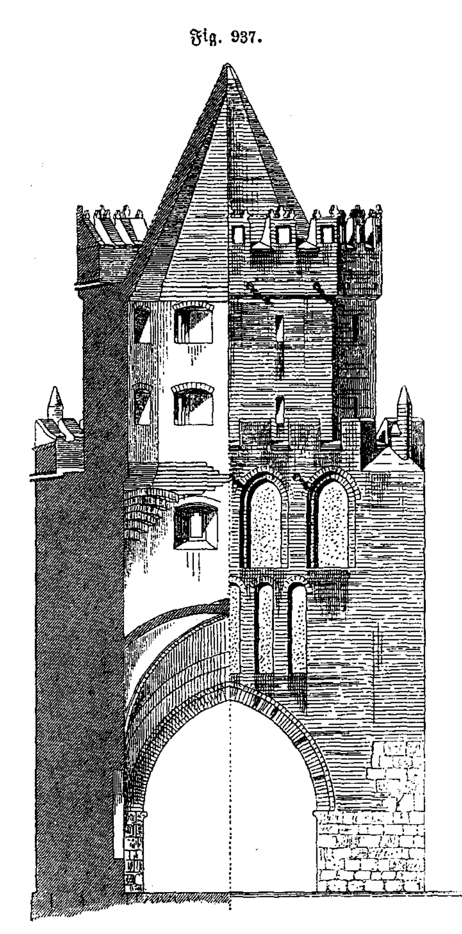
Fig. 936.



bleiben können, so daß sich die Schichten treppenförmig übersetzen, oder die Steine besitzen auch im Äußern lotrechte Stirnflächen, wodurch sich dann der Anlauf der Pyramide durch Abtreppung bildet. Diese letztere Anordnung ist jedoch nicht empfehlenswert, da das Wasser auf den wenn auch geringen Absätzen stehen bleibt, sich in die Fugen zieht und so zur baldigen Zerstörung des Helmes beiträgt.

Stehen nur gewöhnliche Backsteine zur Verfügung, so ist die Lagerung normal zur Helmrichtung, Fig. 939, vorzuziehen, obgleich diese wieder den Nachteil hat, daß bei nicht sehr sorgfältiger Dichtung Wasser in die Fugen eindringen kann. Wo irgend möglich, sollten

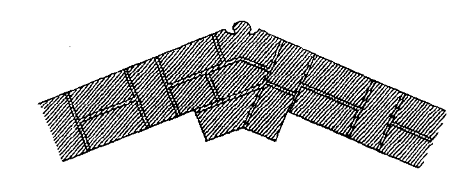
Fig. 937.



deshalb Formsteine mit wagerechter Lagerung verwendet werden.

Zur Herstellung der Gräte der Pyramidenhelme sind bei wagerechter und bei geneigter Lage der Schichten be-

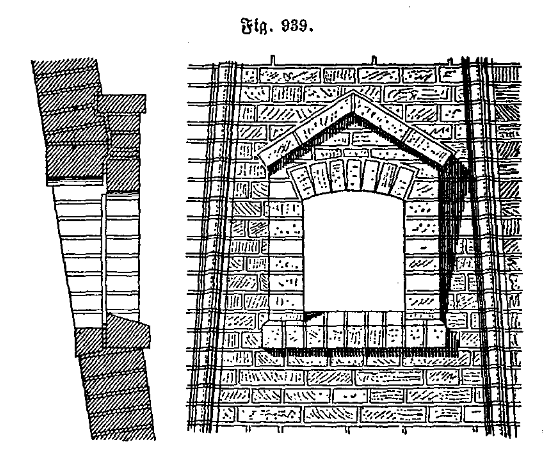
Fig. 938.



sondere Formsteine erforderlich, die mit den dünnen Helmwänden im Verband anzuordnen sind, gleichgültig, ob die Gräte durch nach außen oder nach außen und innen vor-

tretende Rippen ausgezeichnet und verstärkt sind. Fig. 938 giebt zwei Schichten vom Helm der St. Marienkirche in Schönfließ, und zwar eine Schicht vom untern Teil des Helmes mit nach innen verstärktem Grat, und eine Schicht vom obern Teil des Helmes ohne Verstärkung.[1])

Fig. 939.



Durchbrechungen der Helmwände durch Schlitze oder Luken lassen sich in einfacher Weise und ohne Schwierigkeit herstellen; Fig. 939 zeigt eine solche Konstruktion, ebenfalls vom Turmhelm der St. Marienkirche in Schönfließ, während in Fig. 937 Ansicht und Schnitt des in Backstein ausgeführten Königsberger Thores in Schönfließ mitgeteilt sind. (Über die Ausführung der Zinnenkränze siehe Fig. 344 u. 345.)

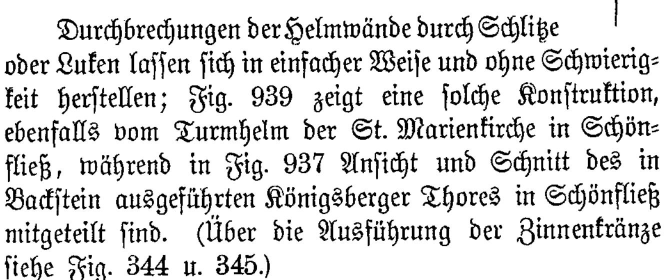
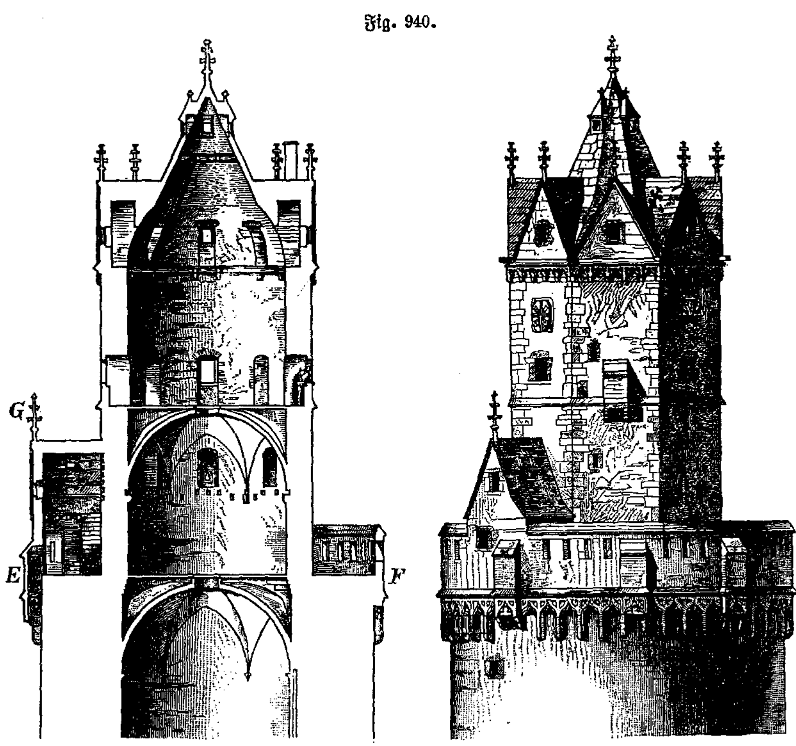
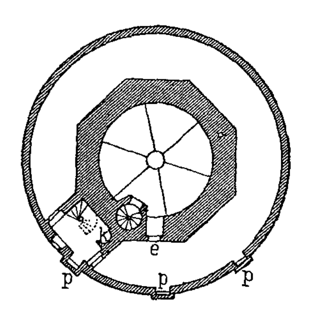


Fig. 940.





Schließlich geben wir in Fig. 940 noch Ansicht, Querschnitt und Grundriß eines außen achtseitigen, innen kreisrunden Turmes (aus Andernach[2]), dessen Helm im untern Teil innen kugelförmig, im obern Teil dagegen kegelförmig gestaltet ist, während das Äußere eine achtseitige Pyramide zeigt mit allseitig einschneidenden Giebeln und vier kleinen Dachluken.

1) Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten aus Norddeutschland, dem auch die Fig. 937 u. 939 entnommen sind.

2) Zeitschrift für Bauwesen 1901.

Fünftes Kapitel.

Konstruktion der Steintreppen.

§ 1.

Allgemeines.

Die stufenförmige Vorrichtung, welche dazu dient, übereinander gelegene Räume so zu verbinden, daß der Verkehr mit Sicherheit und Bequemlichkeit stattfinden kann, wird Treppe genannt.

Sicherheit und Bequemlichkeit sind daher die beiden Haupterfordernisse einer jeden Treppenanlage. Erstere wird hauptsächlich durch die Wahl des Materials bedingt, während letztere Sache der baulichen Anordnung ist und bei jedem Material zu erreichen ist.

Stein, Holz und Eisen sind die wesentlichen Materialien, aus denen die Treppen ausgeführt werden, und wir unterscheiden hiernach steinerne, hölzerne und eiserne Treppen. Doch lassen sich die Treppen auch aus gemischtem Material (Stein und Eisen, Holz und Eisen u. s. w.) herstellen. Hier haben wir nur diejenigen Treppenkonstruktionen zu betrachten, deren Stufen in Steinmaterial konstruiert werden, da die aus Holz im II. Band, und jene aus Eisen im III. Band dieses Handbuches abgehandelt sind.

Die Treppen haben teils nach dem Orte, wo sie sich befinden, teils nach ihrer Form, ihrem Gebrauche und ihrer Konstruktionsweise verschiedene Benennungen erhalten; auch hat sich eine gewisse Terminologie gebildet, die wir nachstehend kennen lernen wollen.

Zunächst unterscheidet man Freitreppen, d. h. solche, welche im Freien außerhalb der Gebäude angebracht werden, von den im Innern von Gebäuden angelegten inneren Treppen. Letztere nennt man nach ihrer Lage, ihrer Ausstattung und ihrem Gebrauche Haupttreppen, Nebentreppen, geheime Treppen, Kellertreppen, Bodentreppen u. s. w., welche Benennungen sich durch den Wortlaut erklären.

Die einzelnen Teile einer Treppe sind:

1. Treppenwangen (Treppenbäume), worunter man die Teile versteht, die seitwärts die Stufen der Treppe begrenzen und zu ihrer Unterstützung dienen. Man unterscheidet innere Wangen, Öffnungswangen, d. h. solche, die von den das Treppenhaus einschließenden Wänden abgekehrt, und äußere Wangen, Wandwangen, d. h. solche, die diesen Wänden zugewandt liegen und oft an denselben befestigt oder in sie eingelassen sind.
2. Trittstufe (Trittfläche) nennt man den wagerechten Teil der Treppenstufe, auf den man beim Begehen der Treppe tritt.
3. Setzstufe (Setzfläche, Futterstufe) dagegen den Teil der Treppenstufe, der zur Unterstützung jener dient und lotrecht steht.
4. Blockstufe nennt man eine solche, bei der Tritt- und Setzstufe aus einem Stück besteht oder aus dem Vollen gearbeitet ist, wie dies bei allen Treppen aus natürlichen Steinen der Fall zu sein pflegt.
5. Antritt einer Treppe nennt man die Stufe, die, auf das Stockwerk bezüglich, die unterste ist.
6. Austritt hingegen die oberste Stufe, deren Trittfläche mit dem Fußboden des zu ersteigenden Raumes in einer Ebene liegt.
7. Steigung einer Treppe ist die lotrechte Entfernung von der Oberfläche einer Trittstufe zur Oberfläche der nächstfolgenden; und unter
8. Auftritt versteht man den wagerechten Abstand von der Vorderkante einer Trittstufe bis zur Vorderkante der nächstfolgenden.
9. Podest, Ruheplatz, heißt ein größerer wagerechter Platz, der die Reihenfolge der Stufen unterbricht; es ist eigentlich nichts anderes, als eine breitere Trittstufe.

10. Länge einer Stufe ist die Entfernung von einer Wange zur anderen und gleichbedeutend mit Breite der Treppe.

11. Treppengeländer ist die zum Schutz gegen das Herabfallen und zur Bequemlichkeit beim Begehen angebrachte, meist gitterartig gestaltete Vorrichtung; und unter Handgriff versteht man den obersten Teil des Geländers, den man mit der Hand zu umspannen pflegt.

12. Treppenarm (Treppenlauf) nennen wir eine ununterbrochene Reihenfolge von Treppenstufen, entweder zwischen An- und Austritt, zwischen dem Antritt und einem Podest, zwischen zwei Podesten oder einem solchen und dem Austritt der Treppe. Unter mehrarmigen Treppen verstehen wir aber solche, wo mehrere — gewöhnlich zwei — Treppenarme zu derselben Höhe, entweder zu einem gemeinschaftlichen Podest oder zum Austritt der Treppe führen, so daß wir einen Unterschied machen zwischen einer Treppe mit zwei Armen und einer zweiarmigen Treppe.

13. Treppenhaus nennt man den Raum des Gebäudes, in dem sich die Treppe befindet.

In Beziehung auf die Konstruktion müssen wir unterstützte und freitragende Treppen unterscheiden.

Unterstützte Treppen sind solche, bei denen die Stufen auf ihre ganze Länge oder an beiden Enden unterstützt werden; freitragende dagegen solche, bei denen die Stufen nur an einem Ende gefaßt sind, und nur die Antrittsstufe gewöhnlich auf die ganze Länge unterstützt ist.

Für die bequeme Benutzung der Treppen ist vor allem erforderlich, daß Steigung und Auftritt in einem durchaus richtigen Verhältnis zu einander stehen. Dabei darf die Steigung weder zu groß noch zu klein angenommen werden, weil in beiden Fällen die Treppe unbequem wird. Bei Haupttreppen können 12 cm als kleinstes und 18 cm als größtes Maß der Steigung angenommen werden.

Für die große Mehrzahl der Wohngebäude dürften 15—16,5 cm die angemessensten Steigungen sein; bei Monumentalbauten werden meistens die kleineren Steigungen von 13—15 cm, bei Treppen geringerer Art solche von 17—20 cm angewendet. Bei Nebentreppen und wo der Raum beschränkt ist, steigert sich dieses Maß bis auf 21 cm und sogar 22 cm, bei welchen Abmessungen natürlich von Bequemlichkeit keine Rede mehr sein kann.

Der Auftritt ist abhängig von der Steigung und es ist für das Verhältnis zwischen beiden maßgebend, daß die Anstrengung beim Besteigen einer Treppe nicht größer sein darf als beim Gehen auf der Ebene. Vielfach wird angenommen, daß das Steigen die doppelte Anstrengung erfordere, die zum Ausschreiten auf der Ebene nötig sei. Nimmt man den mittleren Schritt zu 60—63 cm an, bezeichnet die Steigung mit h und die Auftrittsbreite mit b, dann muß sein:

$$2\,h + b = 60\text{—}63 \text{ cm.}$$

Diese Annahme ist bloß innerhalb gewisser Grenzen richtig, während bei größeren Steigungen der Auftritt zu klein und bei kleinen Steigungen zu groß wird. Man rechnet dann wohl nach den Formeln:

$$b + h = 47\text{—}48 \text{ cm},$$
$$b\,.\,h = 480 \text{ oder } 500 \text{ oder } 512.$$

Diese verschiedenen Formeln liefern für dieselben Steigungen bis zu 8 cm verschiedene Werte für die Auftrittsbreiten. Es ist ohne weiteres klar, daß diese verschiedenen Steigungsverhältnisse für gleiche Stufenhöhen unmöglich alle bequem gefunden werden können, vielmehr ergiebt sich, daß gewissen Steigungshöhen auch ziemlich eng umgrenzte Auftrittsbreiten als die besten entsprechen. Derartige „günstige" Steigungsverhältnisse sind etwa:

$^{12}/_{36}$, $^{14}/_{35,5}$, $^{15}/_{32}$, $^{16}/_{30}$, $^{18}/_{28}$.

Keine der vorstehend angegebenen Formeln liefert für alle Steigungen brauchbare Werte, während die vom Verfasser in einfacher Weise auf Grund der allgemeinen als günstig bezeichneten Steigungsverhältnisse abgeleitete Formel:

$$\frac{4}{3}\,h + b = 52 \text{ cm}$$

dieser Anforderung vollständig entspricht.

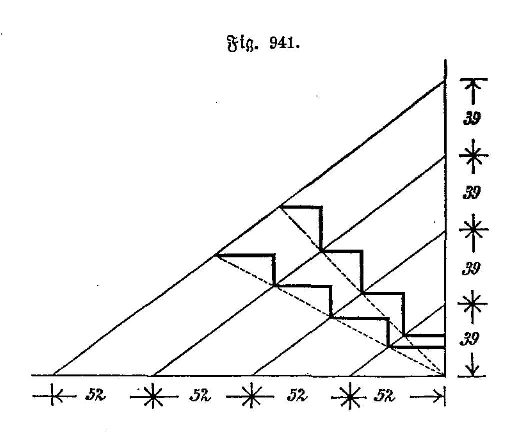
Demgemäß gehört zu einer

Steigung	von	13 cm	ein	Auftritt	von	34,7	cm,
„	„	13,5 „	„	„	„	34	„
„	„	14 „	„	„	„	33,4	„
„	„	14,5 „	„	„	„	32,7	„
„	„	15 „	„	„	„	32	„
„	„	15,5 „	„	„	„	31,4	„
„	„	16 „	„	„	„	30,7	„
„	„	16,5 „	„	„	„	30	„
„	„	17 „	„	„	„	29,4	„
„	„	17,5 „	„	„	„	28,7	„
„	„	18 „	„	„	„	28	„
„	„	18,5 „	„	„	„	27,4	„
„	„	19 „	„	„	„	26,7	„
„	„	19,5 „	„	„	„	26	„
„	„	20 „	„	„	„	25,4	„

Diese Auftrittsbreiten können auch graphisch ermittelt werden, indem man nach Fig. 941 auf dem horizontalen Schenkel eines rechten Winkels je 52 cm, und auf dem vertikalen je 39 cm aufträgt und die Hypotenusen zieht; durch Auftragen der Steigungshöhe läßt sich hiernach die Auftrittbreite direkt ermitteln.

Bei mehrgeschossigen Anlagen gilt das nach der Formel ermittelte Steigungsverhältnis stets für das unterste Geschoß; die Maße für Steigung und Auftritt sind dann durch alle Stockwerke entweder beizubehalten, oder — was

Fig. 941.



besser — es sind die Steigungshöhen bei gleichen Auftrittsbreiten nach oben etwas zu ermäßigen, um der Ermüdung Rechnung zu tragen.

Für Wohngebäude empfehlenswerte Steigungsverhältnisse würden hiernach etwa sein:

Erdgeschoß:	$^{15}/_{32}$,	$^{16}/_{30,5}$,	$^{16,5}/_{30}$,
I. Obergeschoß:	$^{15}/_{32}$,	$^{15,5}/_{30,5}$,	$^{16}/_{30}$,
II. "	$^{14,5}/_{32}$,	$^{15}/_{30,5}$,	$^{15,5}/_{30}$,
III. "	$^{14-14,5}/_{32}$,	$^{14,5-15}/_{30,5}$,	$^{15-15,5}/_{30}$.

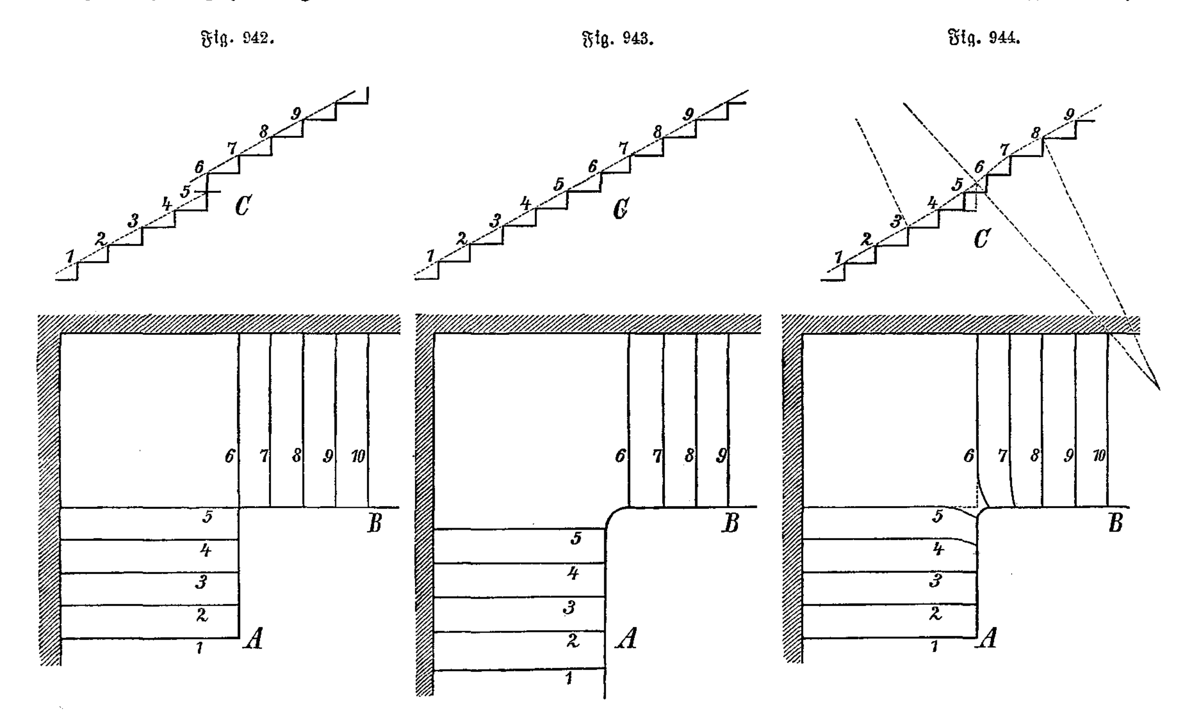
Sind die Steigungen festgelegt, so ergeben sich die Stockhöhen, von Boden zu Boden gemessen, als ein Vielfaches der Steigung. Wird dies nicht beachtet, und nimmt man die Stockhöhen ohne diese Rücksichtsnahme an, so ergeben sich für die Steigungen häufig Zahlen mit mehreren Dezimalstellen.

Z. B. die zu ersteigende Höhe betrage 3,9 m und es sei eine Steigung von 17 cm vorläufig angenommen; so ergiebt sich $\frac{390 \text{ cm}}{17} = 22{,}9411\ldots$ als Anzahl der Stufen. Die nächste Zahl ist 23 und man erhält die genaue Größe der Steigung $\frac{390 \text{ cm}}{23} = 16{,}956$ cm.

Da sich nun aber eine solche Größe nicht genau messen und übertragen läßt, so bezeichnet man, um dieser Unbequemlichkeit zu entgehen, die ganze zu ersteigende Höhe auf einer Latte, und teilt dieselbe in die durch Rechnung gefundene Anzahl Steigungen, wodurch man deren Größe dann genau erhält.

Aus der Zahl der Steigungen einer Treppe ergiebt sich die Anzahl der Auftritte derselben, und hieraus der Raum, den die Treppe im Grundrisse einnehmen wird.

Fig. 942. Fig. 943. Fig. 944.



Da die letzte Steigung die Oberfläche des zu ersteigenden Bodens erreicht, mithin der Austritt der Treppe mit diesem Boden in einer Ebene liegt, so beträgt die Anzahl Auftritte eins weniger als die Anzahl der Steigungen, und man erhält die Länge L des Raumes für einen Treppenarm im Grundrisse, wenn man die Größe b des Auftritts mit der um eins verminderten Anzahl n der Steigungen multipliziert, mithin:

$$L = b\ (n - 1).$$

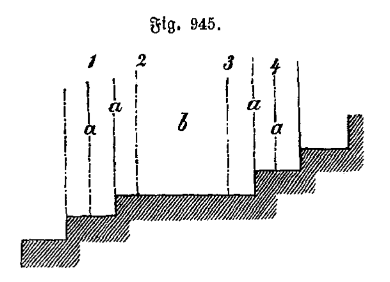
Bei den mittleren Steigungen von 15—17 cm pflegt man nach je 9 bis höchstens 15 Stufen einen Podest anzulegen, der als Ruheplatz dient, und nur bei sehr flachen bequemen Treppen in öffentlichen Gebäuden kann man ausnahmsweise Arme bis zu 22 Stufen anordnen.

Für die Größe der Podeste gelten folgende Regeln:

Jedes Podest einer Treppe soll mit dem breitesten der anschließenden Treppenarme gleiche Breite haben. Deshalb ergiebt sich für den Fall, daß die gleich breiten Arme der Treppe im Grundriß rechte Winkel miteinander bilden, eine quadrate Form für die Podeste. Dabei ist die Austeilung der Stufen derart zu treffen, daß für die Durchbildung des Treppengeländers keine Schwierigkeiten entstehen und die gleichmäßige Durchführung des Handgriffes möglich ist. Die Anordnung Fig. 942 entspricht dieser Bedingung nicht, da bei C plötzlich 2 Steigungshöhen aufeinander treffen. Die Austeilung erfolgt am besten nach Fig. 943, oder wenn dies wegen zu beschränkten Raumes nicht möglich sein sollte, nach Fig. 944, wobei die Stufen Nr. 4—7 gegen die innere Zargenlinie zu geschweift werden und die Steigungslinien A C und C B bogenförmig ineinander übergehen, wie dies die Abwickelung deutlich zeigt.

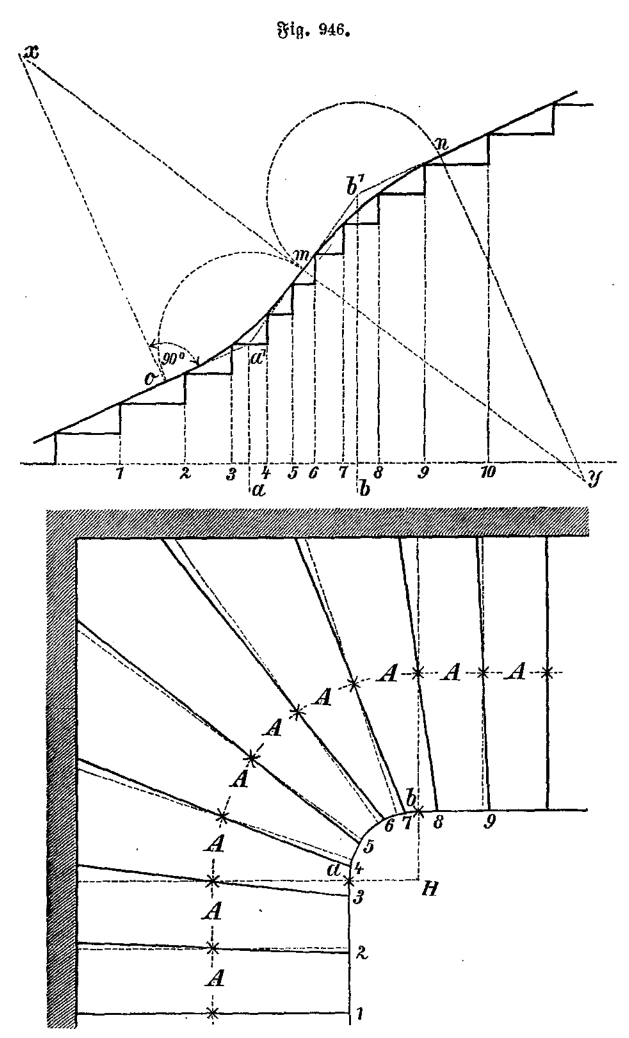
Liegen die Treppenarme im Grundriß parallel, so ist die Länge des Podestes gleich der doppelten Breite der Treppe, vermehrt um den Zwischenraum zwischen beiden Armen, und die Breite mindestens gleich der des Treppenarmes, Fig. 952. In diesem Fall kann man das Podest indessen auch breiter, jedoch nicht wohl schmäler als die Treppe machen, weil dann der Transport größerer Möbel schwierig wird.

Fig. 945.



Für Podeste, die zwischen zwei in derselben geraden Richtung fortlaufenden Treppenarmen liegen, Fig. 945, bestimmt sich die **Breite** wie vorhin, die Länge aber danach, daß man entweder ein oder zwei Schritte (mehrere kommen selten vor) machen soll, ehe man den nächsten Treppenarm erreicht. Bei **einer** Schrittweite wird man mit demselben Fuße, mit dem man das Podest erreicht, auch die erste Trittstufe des folgenden Treppenarmes betreten. Es muß die Länge des Podestes daher gleich einer Schrittweite vermehrt um einen Auftritt sein. Bezeichnen 1 und 3, Fig. 945, die Mitte des rechten, 2 und 4 aber die des linken Fußes (wobei 1 und 3 zugleich die Mitten der Trittstufen anzeigen), so ergiebt sich für die Länge des Podestes nach der Bezeichnung in der Figur $\frac{1}{2}a + b + \frac{1}{2}a = b + a$, wo b die Schrittweite, a die Größe des Auftritts bezeichnet. Hat das Podest zwei Schrittweiten, so ergiebt sich dessen Länge auf dieselbe Weise gleich $2b + a$ oder allgemein für n Schrittweiten gleich $nb + a$. Nur bei einer solchen Anordnung ist die Unbequemlichkeit des sogenannten Schrittwechselns auf den Podesten zu vermeiden.

Fig. 946.

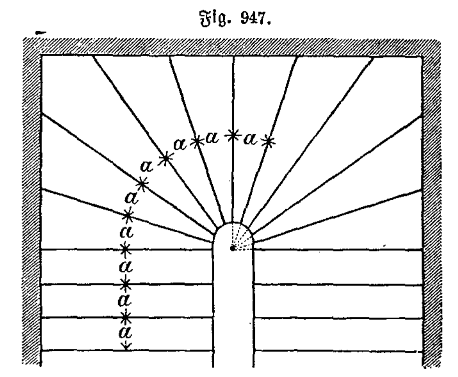


Bei gewundenen Treppen werden die Längen der Podeste sowohl als die Auftritte der einzelnen Stufen auf einer in der **Mitte** der Treppe, parallel mit den Begrenzungslinien derselben gezogenen Linie gemessen, Fig. 947.

Hat man es dabei mit einer nur teilweise gewundenen Treppe zu thun, Fig. 946, so ist die Treppenwindung in der Form eines möglichst großen Quadranten anzunehmen und auf der Mittellinie das normale Maß A des Auftritts aufzutragen. Läßt man nun aber die sämtlichen

Stufen der Treppenwindung nach dem Mittelpunkte H verlaufen, so bilden sich Winkelstufen, die längs der Umfassungsmauern einen zu breiten, längs der inneren Zargenlinie aber einen zu schmalen unbenutzbaren und die Sicherheit des Begehens gefährdenden Auftritt erhalten; die unschöne gebrochene Steigungslinie o a′ b′ n der inneren Zargenlinie überträgt sich auch auf die Form des Geländers. Man sucht diese Übelstände dadurch zu vermeiden, daß man einige Stufen der geraden Arme noch als Winkelstufen ausbildet. Zu diesem Zweck halbiert man die abgewickelte innere Zargenlinie a′b′ normal, macht a′o = a′m und b′n = b′m, zieht o x normal auf o a′ und n y normal auf n b′, und zeichnet aus den Schnittpunkten x und y die Kreisstücke o m und m n, die nunmehr mit den horizontalen Auftrittslinien geschnitten, die neuen Teilungspunkte 2—9 der inneren Zargenlinie ergeben.

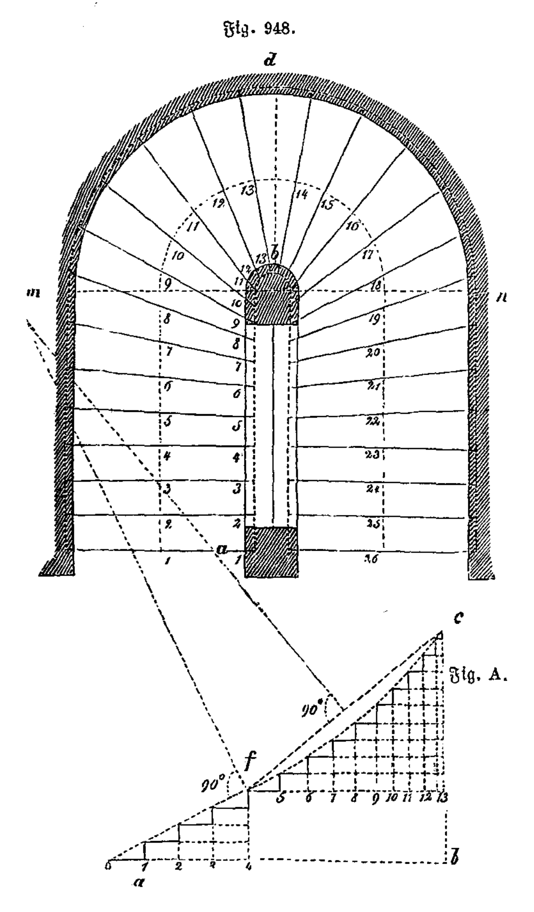
Fig. 947.



Würden bei halben Windungen die Stufen nach Fig. 947 ausgeteilt werden, so würden dieselben Übelstände entstehen, weshalb man auch hier in ähnlicher Weise Abhilfe zu schaffen sucht, was auf verschiedene Art geschehen kann.

1. Zunächst ist die Mittellinie, Fig. 948, mit dem Normalmaß a des Auftrittes einzuteilen, und ist zu bestimmen, wie viele Stufen schräg gezogen werden sollen; es seien die Stufen 5—13, während die Stufen 1—4 gerade bleiben sollen. Man trage nun aus dem Grundriß die Länge a b abgewickelt nach a b, Fig. A, errichte bei b eine Senkrechte und trage nach b c so viele Steigungen, als vom Antritt bis zur Mittellinie b d zu zählen sind, d. h. 13 1/2. Zieht man nun von den Teilpunkten horizontale und von den Punkten 1—4 auf a b, soweit die Tritte vom Antritt an als gerade angenommen sind, Vertikallinien, so ergiebt sich Punkt f als Endpunkt der Steigungslinie der geraden Stufen. Um einen stetigen Übergang aus der geraden Steigungslinie in die gekrümmte zu erhalten, verbinde man f mit c, Fig. A, und betrachte diese Linie f c als Sehne eines Bogens aus dem Mittelpunkte m, der normal in die gerade Steigungslinie übergeht. Ist der Bogen f c gezogen und sind die Horizontalen bis zu demselben verlängert, so geben die Horizontalprojektionen 4—5, 5—6 u. s. f. die Breiten der sich verjüngenden Stufen, die man auf dem Treppengrundriß abträgt, worauf man die erhaltenen Teilpunkte mit denen der Mittellinie verbindet.

Fig. 948.



2. In Fig. 949 soll sich die Vermittelung auf die Stufen 3—12 erstrecken, während 1 und 2 gerade bleiben sollen. Man trage die abgewickelte Mittellinie A B mit allen Teilungspunkten nach A′ B′, Fig. 949 a, ziehe beliebig A′ D′ gleich der abgewickelten inneren Wangenlinie C D, ziehe B′ D′, nehme beliebig Punkt II an, und ziehe von hier aus die Strahlen nach allen Teilpunkten der A′ B′, so ergiebt sich eine Teilung der inneren Wangenlinie A′ D′, bei der die Auftritte gegen die Stufe 12 hin immer schmäler werden. Rückt der Fluchtpunkt weiter, gegen III hin, so werden die letzten Auftrittsbreiten größer, rückt er dagegen gegen den Punkt I, so werden sie kleiner, so daß diese Methode eine gewisse Freiheit in der Bestimmung der kleinsten Auftrittsbreite zuläßt. Näher als Punkt I darf der Fluchtpunkt nicht gelegt werden,

da ein weiteres Näherrücken zur Folge hätte, daß die Strecke 2—3 den Normalauftritt a überschritte, was unzulässig ist.

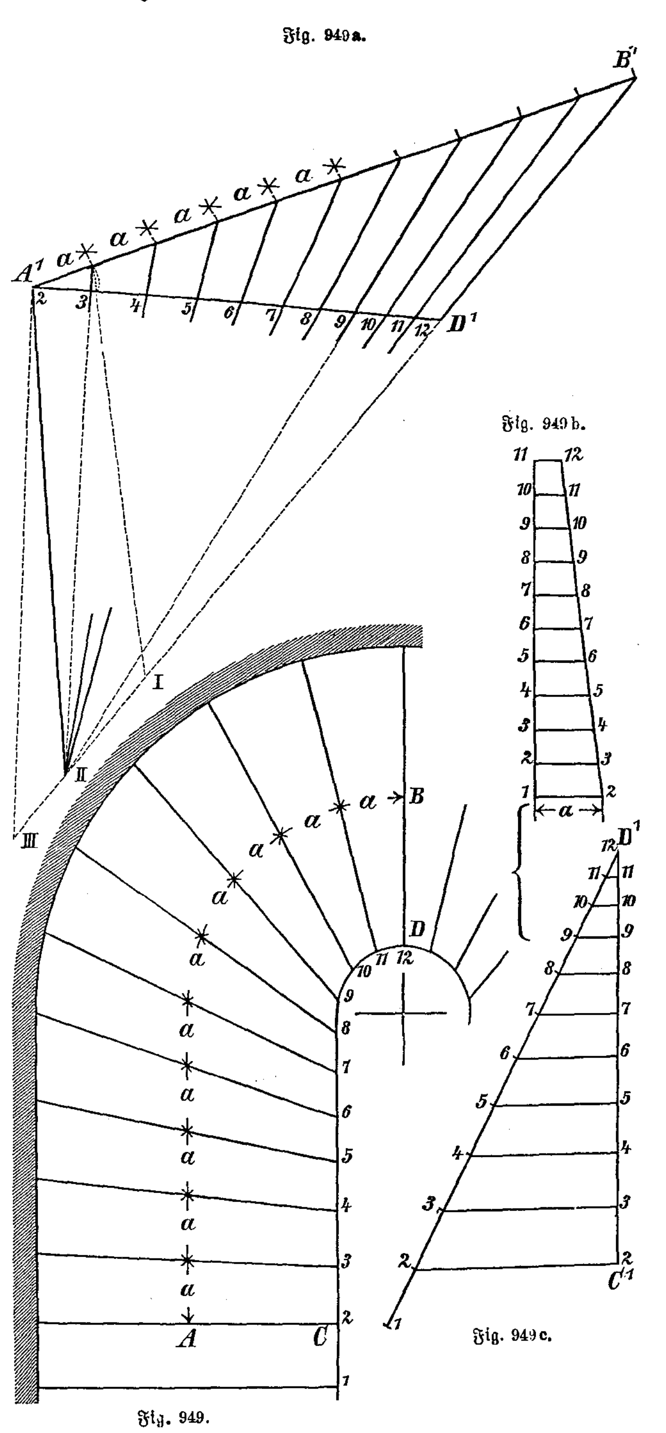


Fig. 949.

3. Man nehme für die schmälste der zu vermittelnden Stufen annähernd das Breitenmaß 11—12 an, trage dieses in Fig. 949b auf dem einen Schenkel eines rechten Winkels an, teile den anderen Schenkel, der beliebig lang sein kann, in so viele Teile, als die Anzahl der zu vermittelnden Stufen beträgt, ziehe durch die Teilpunkte Parallele zu 11—12, mache die äußerste 1—2 = a und ziehe die Linie 2—12,

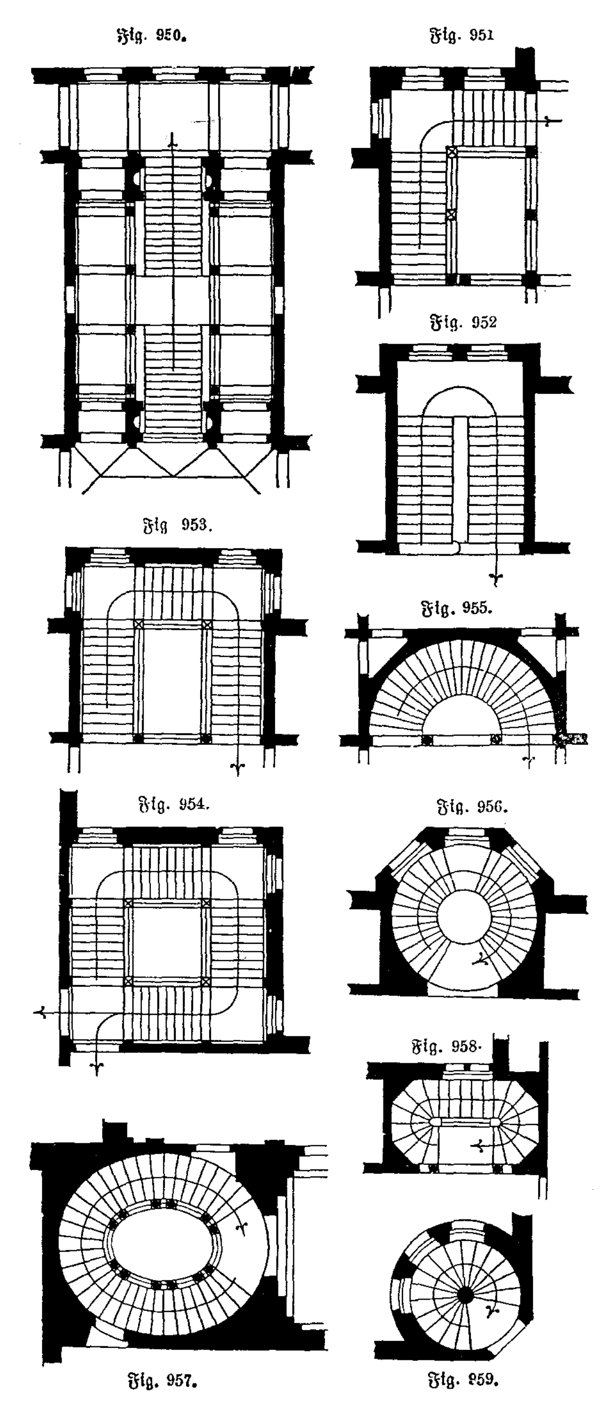


Fig. 957. Fig. 959.

so werden die Parallelen so geschnitten, daß sich ihre Längen zu einander verhalten wie die verschiedenen Breiten der zu vermittelnden Stufen an der inneren Wangenlinie. Trägt man nun die Längen dieser horizontalen Linien 1—2, 2—3, 3—4 u. s. w. der Reihe nach aneinander auf 1 D′, Fig. 949c, zieht

unter einem beliebigen Winkel D′ C′ = der abgewickelten Länge CD der inneren Zarge, verbindet Punkt 2 mit C′, und zieht durch die Teilpunkte die Parallelen 3—3, 4—4 u. s. w. zu 2 C′, so ergiebt sich auf C′D′ die proportionale Teilung der inneren Wangenlinie, wonach jetzt die Stufenlinien in Fig. 949 gezogen werden können.

In Bezug auf das Einzeichnen in die Pläne ist zu bemerken, daß man die Treppen in den Grundrissen gewöhnlich in das Stockwerk einzuzeichnen pflegt, in welchem der Antritt der Treppe liegt, so daß die gezeichnete Treppe immer nach dem höher gelegenen Stockwerk führt.

Was die Breite einer Treppe oder die Länge einer Trittstufe betrifft, so dürfte man 60 cm als Minimum annehmen, wie solche enge Wendeltreppen in Türmen mittelalterlicher Gebäude gefunden werden. Nimmt man diese Breite als genügend für eine Person an, so müßte die Breite einer Treppe, auf welcher zwei Personen nebeneinander Platz haben, mindestens 1,2 m sein. In einem besseren Wohngebäude sollte der Treppenlauf nicht weniger als 1,35—1,50 m Breite haben; dagegen steigern sich diese Abmessungen bis auf das Doppelte, wenn es sich darum handelt, Treppen für größere öffentliche Gebäude anzulegen, insbesondere solche, bei welchen viele Personen rasch aufeinander folgend die Treppen benutzen, wie in Theatern, Rathäusern, größeren Lehranstalten u. s. w. Für Neben- und Diensttreppen genügen 0,90—1,05 m Trittlänge, inkl. Zargen. Da bei Wohnhäusern die Kellertreppe in der Regel unter den ersten Treppenlauf zu liegen kommt, so ist die Breite des letzteren auch maßgebend für die Breite der Kellertreppe.

§ 2.

Treppenanlagen.

Form und Größe der Treppen oder ihre Grundrißanlage ist abhängig von dem Zweck, den sie zu erfüllen haben, sowie bei beschränkten und unregelmäßigen Bauplätzen von dessen Größe und Form.

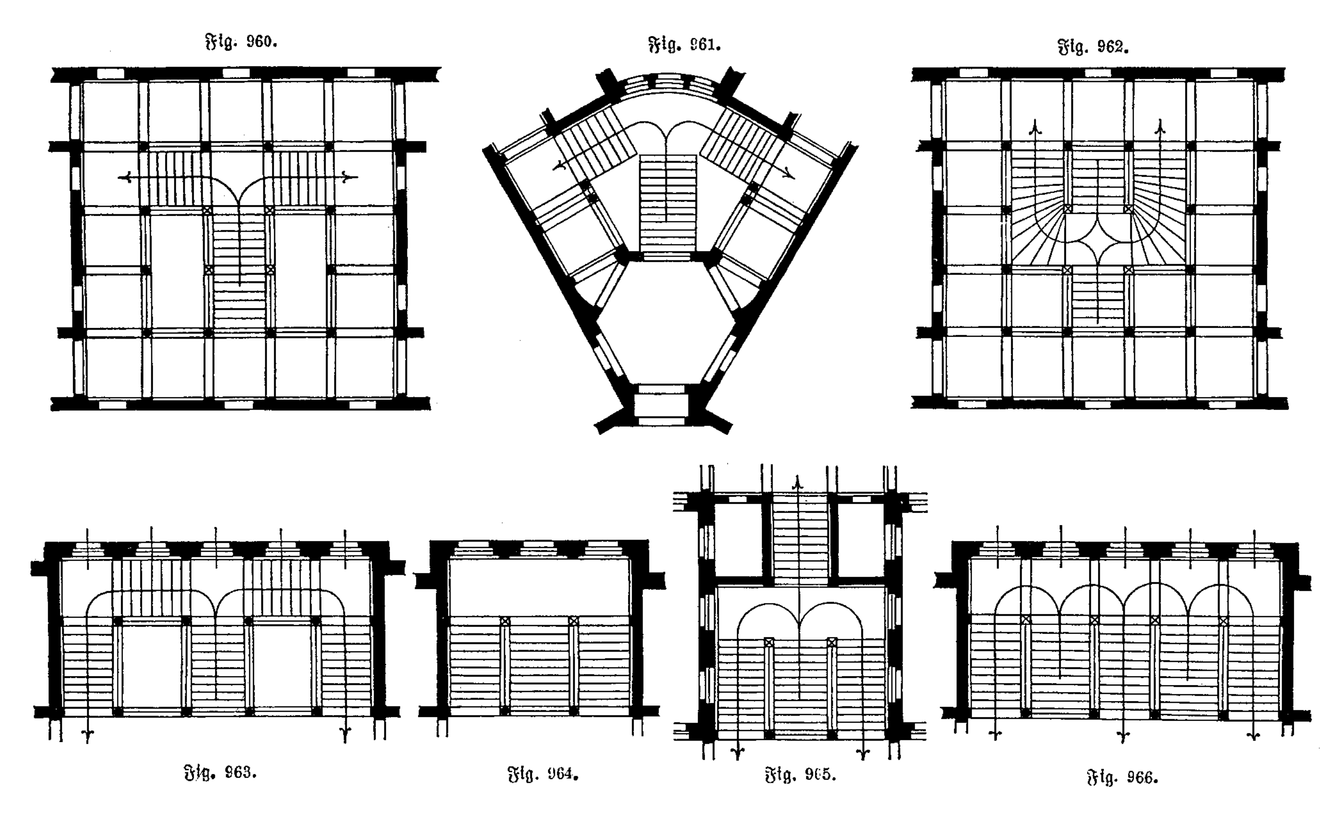


Fig. 960. Fig. 961. Fig. 962.

Fig. 963. Fig. 964. Fig. 965. Fig. 966.

Wir unterscheiden im allgemeinen gerade, gebrochen gerade und gewundene Treppen.

Fig. 950 zeigt eine gerade Treppe, deren Richtung zwischen An- und Austritt gerade ist; ist die Mittellinie aus geraden, beliebige Winkel bildenden Teilen zusammengesetzt, so heißt die Treppe eine gerade gebrochene. Fig. 951 zeigt eine rechtwinklig gebrochene Treppe mit 2 Armen, Fig. 952 eine geradlinig umgebrochene Treppe mit zwei Armen, bei der die Treppenläufe einander parallel laufen, Fig. 953 eine zweimal rechtwinklig gebrochene Treppe mit 3 Armen und Fig. 954 eine dreimal rechtwinklig gebrochene Treppe mit 4 Armen.

Bildet die mittlere Steigungslinie der Treppe eine Kurve wie bei Fig. 955, so nennt man sie eine gewundene, und wenn die Kurve geschlossen ist, wie bei den

Fig. 956, 957 u. 959, so wird die gewundene Treppe zur Windel- oder Wendeltreppe. Hat eine solche Treppe eine innere Wange, die noch einen hohlen Raum im Innern des Treppenhauses umschließt, so heißt die Treppe eine Wendeltreppe mit hohler Spindel, Fig. 956 u. 957, die letztere noch im Durchschnitte in Fig. 967;[1]) ist aber dieser Raum nicht vorhanden, so daß die innere Wange zu einem vollen Pfosten wird, der dann den Namen Spindel oder Mönch annimmt und in welchem alle Trittstufen mit ihren schmalen Enden ein Auflager finden, so heißt die Wendeltreppe eine solche mit voller Spindel, Fig. 959.

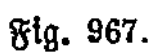


Fig. 967.

Eine Mittelstellung zwischen Fig. 956 u. 959 nimmt die Treppe, Fig. 958 ein, indem hier zwischen zwei halbe Wendeltreppen ein gerader Lauf eingeschoben ist; diese Treppenanlage kann auch mit Zargenöffnung ausgeführt werden.

Endlich geben Fig. 960—966 größere Treppenanlagen, wie sich solche vornehmlich in öffentlichen Gebäuden finden, und zwar in Fig. 960, 961 u. 964 zweiarmige Treppen mit 3 Läufen, in Fig. 962 eine doppelt-zweiarmige Treppe mit 4 Läufen, in Fig. 963 eine doppelt-zweiarmige Treppe mit 5 Läufen, in Fig. 965 eine dreiarmige Treppe mit 4 Läufen, und in Fig. 966 eine zwei- und dreiarmige Treppe mit 5 Läufen. Diese Anlagen können noch in mannigfaltiger Weise kombiniert und vervielfacht werden.

Als Beispiele der Ausbildung reicher Treppenanlagen geben wir in Fig. 968 die große Prachttreppe aus der neuen Pariser Oper, und in Fig. 969 ein reizend durchgebildetes Treppenhaus aus dem Pariser Stadthause.

1) Aus dem Palazzo Barberini in Rom nach Letaroully, Bl. 185.

Was die Konstruktion der Treppen betrifft, so wollen wir sie dem Material nach in zwei Gruppen teilen, und zwar in solche, die aus Werksteinen, und in solche, die aus künstlichen Materialien hergestellt sind.

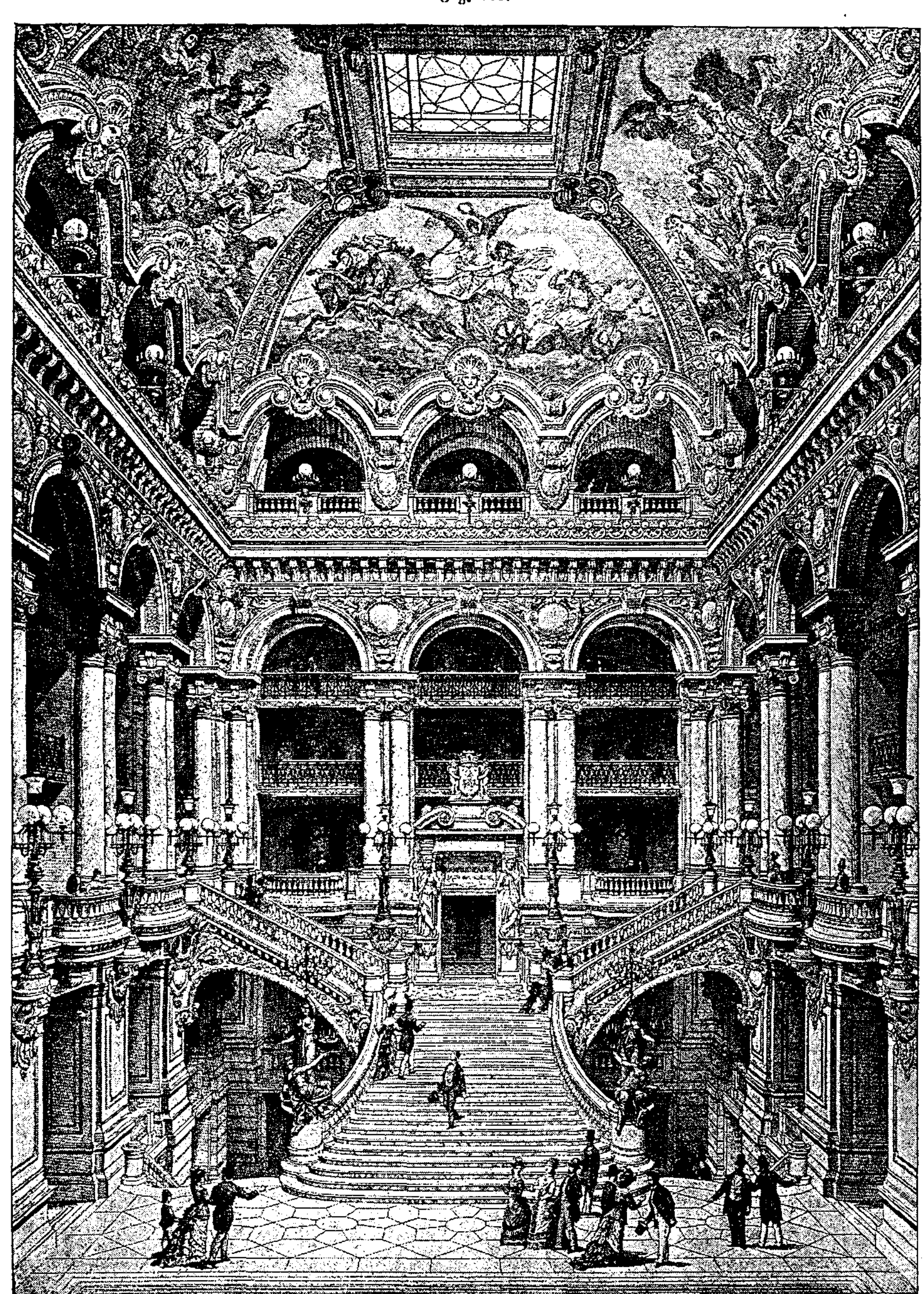


Fig. 968.

A. Massive Treppen aus Werksteinen.

§ 3.

Form und Auflager der Tritte.

Aus Werksteinen können Treppen bei äußerst einfacher Konstruktion solid, dauerhaft und schön hergestellt werden, wobei jedoch darauf zu achten ist, daß möglichst harte Steine verwendet werden, die sich wenig abnutzen, wobei man wieder die feinkörnigen den grobkörnigen vorzieht. Unter den Steingattungen sind es besonders die Sandsteine, welche zum Treppenbau verwendet werden; ferner Basalt, Granit, Gneis, Sienit, Marmor und gewöhnliche Kalksteine. Die Tritte steinerner Treppen sind Blockstufen und werden zunächst mit ebenen Flächen versehen, und diese entweder aufgeschlagen oder geschliffen. Durch das Schleifen werden jedoch sehr dichte Steine, wie Basalt und Granit, äußerst glatt und deshalb unsicher zu begehen.

Die einfachste Form des Querschnittes der Tritte ist die des Rechteckes, bei welchem entweder alle vier Seiten bearbeitet werden, wenn die Treppe auch von unten sichtbar ist, oder es werden nur zwei Seiten eben bearbeitet, während die anderen mehr oder weniger vernachlässigt werden können, wenn die Treppe von unten nicht gesehen wird. Bei eleganteren Treppen wird die vordere Fläche der Tritte etwas zurückgesetzt durch ein oder mehrere Glieder, wodurch der Auftritt an Breite gewinnt, was jedoch nur beim Besteigen und nicht beim Herabgehen der Treppe von Vorteil ist. Einige der gangbarsten Profile steinerner Treppen sind in Fig. 970 dargestellt; im allgemeinen ist zu empfehlen, die Profilierungen nicht zu scharf auszuladen, sondern möglichst rund zu gestalten, damit sie nicht so leicht beschädigt werden können. Ebenso kann die Untersicht der Treppe durch Abkantung oder Profilierung der Tritte gewinnen, Fig. 978. Bilden die unteren Flächen der Tritte eine schiefe Ebene, wie in den Fig. 974 u. 980, so nennt man die Tritte ausgeschalt (Treppe mit ausgeschalten Trittstufen). Die Endflächen der Tritte heißen Köpfe, wonach wieder Treppen mit sichtbaren oder versteckten Köpfen entstehen.

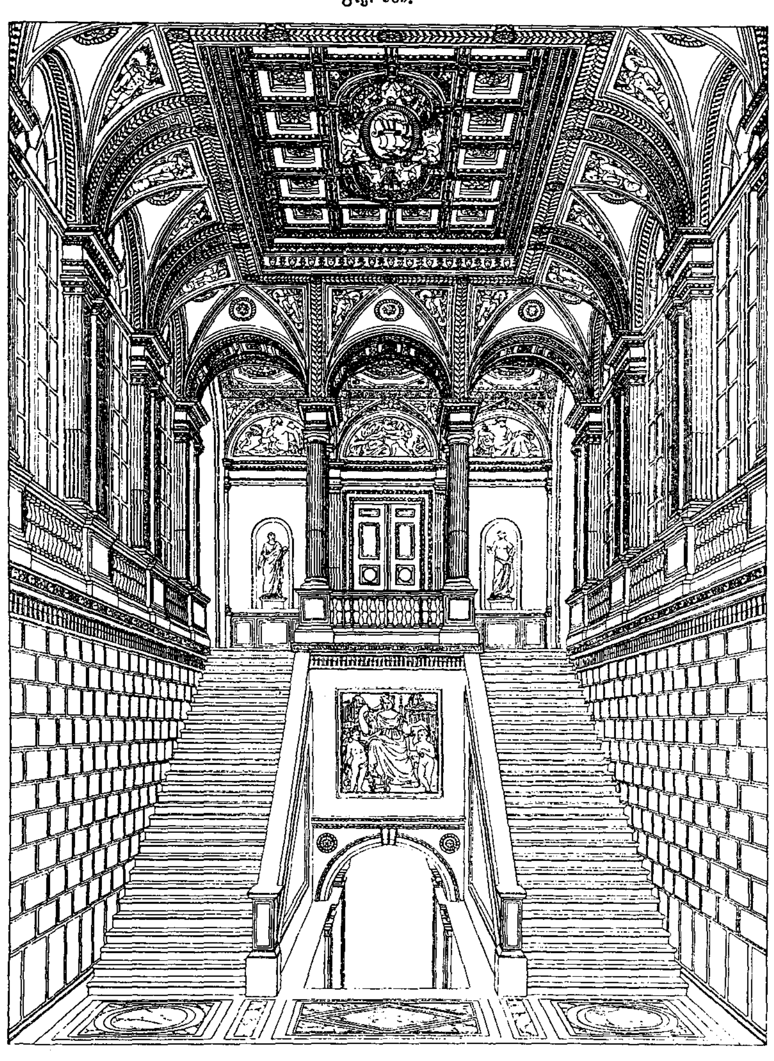
Das Auflager oder Überdecken der Tritte unter sich ist abhängig von der Konstruktion der Treppe, ob nämlich die Trittköpfe eingemauert oder mittels Zargen gefaßt sind, oder ob sie nur aufliegen auf Mauern, Bogen, Schienen u. s. w. Werden die Enden der Tritte eingemauert, wobei 10—12 cm vollständig genügen, so hat das Überdecken oder Überbinden derselben hauptsächlich den Zweck, deren hintere Kanten zu verdecken und einigen Spielraum beim Versetzen der Tritte zu haben, wozu 3—4 cm Auflager hinreichen. Liegen dagegen beide Trittköpfe oder auch nur einer derselben frei, so daß ein Verschieben möglich ist, so sucht man sie in entsprechender Weise ineinander einzusetzen, so daß der einzelne Tritt keine Bewegung machen kann, was auf verschiedene Art durch 3 cm tiefe Falzung erreicht wird. Wenn die Tritte unten ausgeschalt werden sollen, müssen sie ebenfalls gefalzt werden, indem sie sonst hinten spitzwinklig auslaufen, was unsolid wäre.

In den Fig. 971—981 geben wir einige Beispiele von Trittformen und deren Auflager. Fig. 971 stellt den Durchschnitt einer Kellertreppe dar nebst isometrischer Ansicht einer Treppenmauer, mit den Absätzen versehen, die zur Aufnahme der Tritte bestimmt sind. Diese Absätze von beiläufig 9 cm Breite müssen natürlich der Einteilung der Treppe entsprechen und gewähren als Vorteil die Möglichkeit des späteren Versetzens der Treppe, nachdem das Gebäude bereits unter Dach gebracht ist.

Erhalten die Stufen, die frei zwischen den Mauern liegen, dabei nur einfache Überdeckung nach Fig. 972, so ist ein Verschieben möglich, da sie nur durch ihr eigenes Gewicht in ihrer Lage erhalten werden. Ein Verschieben ist dagegen ausgeschlossen, wenn der Querschnitt nach Fig. 973 gestaltet wird, wobei sich die einzelnen Stufen mit einem etwa 3 cm tiefen Spunden ineinander einsetzen.

Eine beliebte Art der Versetzung bei ausgeschalten Tritten zeigen die Fig. 974, 980 u. 981, wobei Fig. 974 den Einsatz der Tritte mit voller Kopfstärke in der Mauer zeigt, während in Fig. 980 eine aus einem Stein bestehende Zarge und in Fig. 981 eine zu einem Bogen zusammengesetzte Zarge die Tritte aufnimmt, wie dies der Durchschnitt a b der 18—24 cm breiten Zarge, Fig. 980, deutlich erklärt. Die Breite der horizontalen Überdeckung beträgt 3 cm, die der schrägen Stoßfläche richtet sich nach der Höhe, welche man dem Tritte geben muß, damit er je nach der Konstruktion und je nach der Tragfähigkeit des

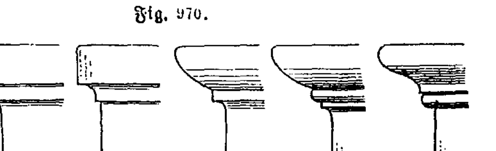
Fig. 969.



Materials die Belastung mit genügender Sicherheit zu tragen im stande ist.

Binden die Stufen nur wenig in die Mauer ein und soll deren Auflager vergrößert werden, oder ist die freie

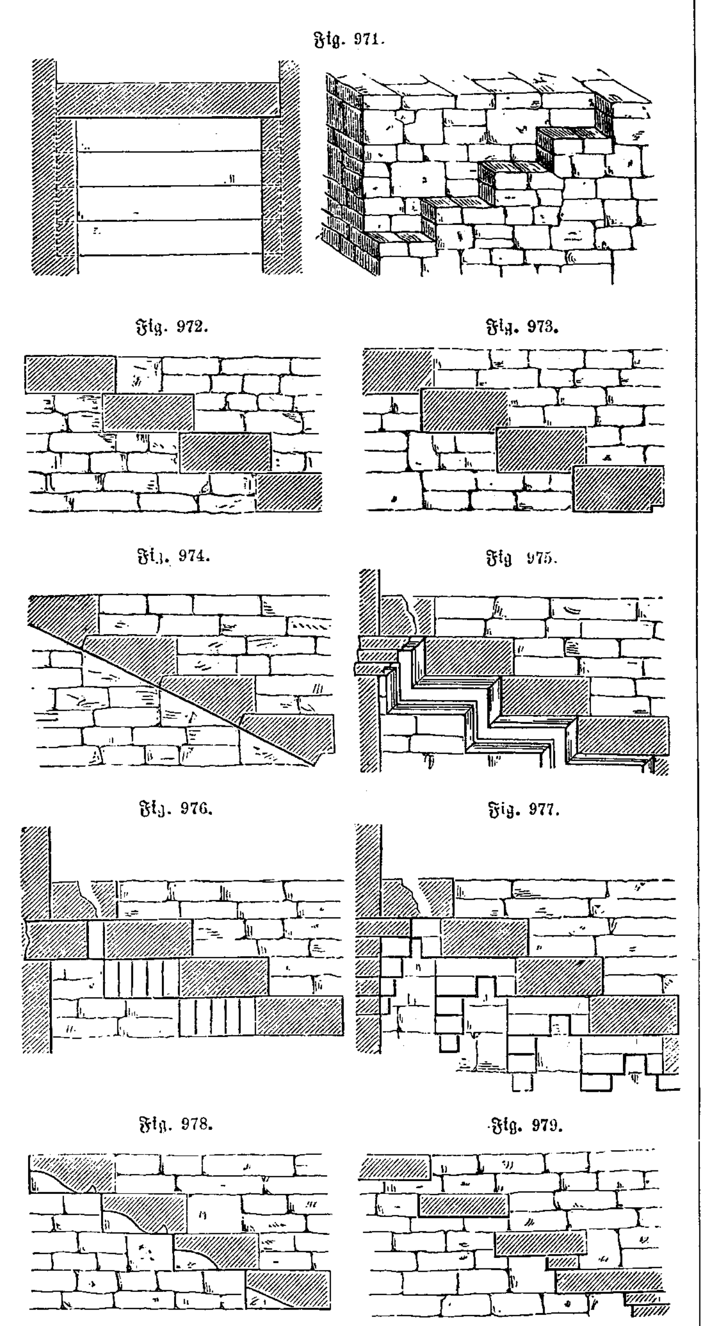
Fig. 970.



Länge sehr groß und ist eine Verringerung derselben wünschenswert, so können Backsteinvormauerungen, Fig. 976 u. 977, oder vorkragende Hausteine angeordnet werden,

wie dies die Fig. 988, 1025 u. 1026 für freitragende Treppen zeigen.

Sind Werksteine in der Dicke, wie sie die Steigung der Tritte erfordert, nicht zu haben, sondern nur Platten,


Fig. 971. Fig. 972. Fig. 973. Fig. 974. Fig. 975. Fig. 976. Fig. 977. Fig. 978. Fig. 979.

oder zwingt die Sparsamkeit zur Verwendung letzterer zu Tritten, so kann man nach Fig. 979 konstruieren, wobei man die Durchsicht zwischen den Plattentritten lassen, oder sie auf billige Weise mittels einer Backsteinschicht schließen kann, wie solches auf unserer Figur angedeutet ist. Daß solche Treppen, ohne Zwischenunterstützung, nicht sehr breit angelegt werden können, ist begreiflich.

Um ein angenehmeres Begehen der Steinstufen zu ermöglichen und sie vor einem zu schnellen Auslaufen zu bewahren, wird bisweilen auf deren Trittfläche ein Hartholzbelag von 5—6 cm Stärke angebracht. Diese Beläge sind etwa zweimal mit ihren Unterlagen zu verbinden und in Falze einzusetzen, um ein Werfen auszuschließen. Vor dem Verlegen ist es rätlich, die untere Seite der Holztafeln satt mit heißem Leinöl zu tränken, damit sie der Feuchtigkeit nicht unterworfen sind.

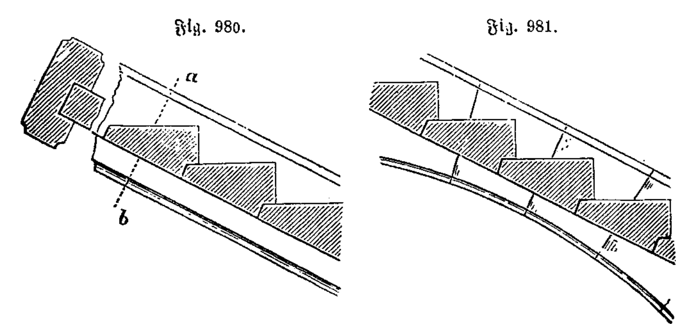


Fig. 980. Fig. 981.

Die verschiedenen Arten der Befestigung sind in Fig. 982 zusammengestellt, und zwar in A mit Ringschrauben, in C mit sichtbar bleibenden und in D mit ver-

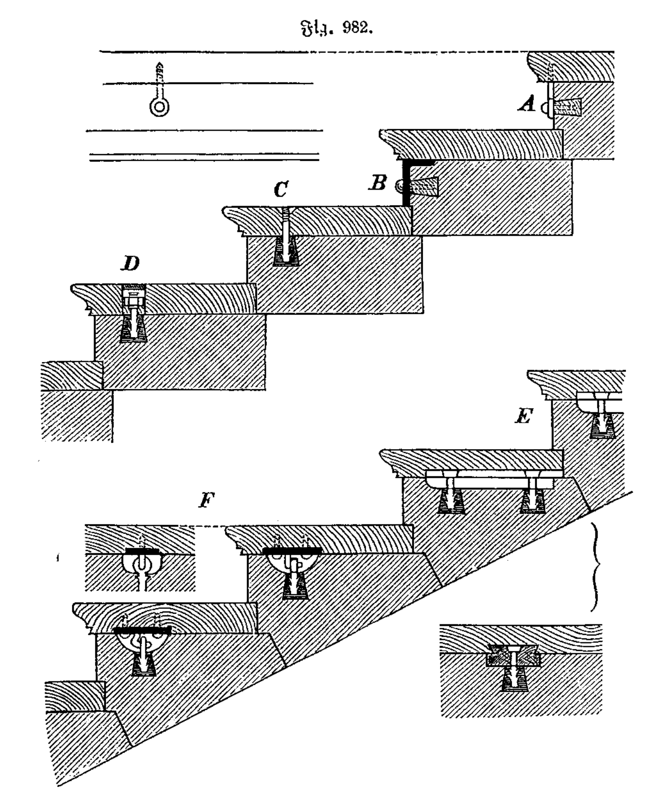


Fig. 982.

deckten Steinschrauben, während nach B Winkeleisen, die fest mit den Trittbelägen verbunden sind, mit Schrauben auf Dübeln befestigt werden, die in der Setzstufenfläche eingelassen sind; diese Konstruktion empfiehlt sich für Treppen, deren Tritte in Backstein oder Beton ausgeführt sind.

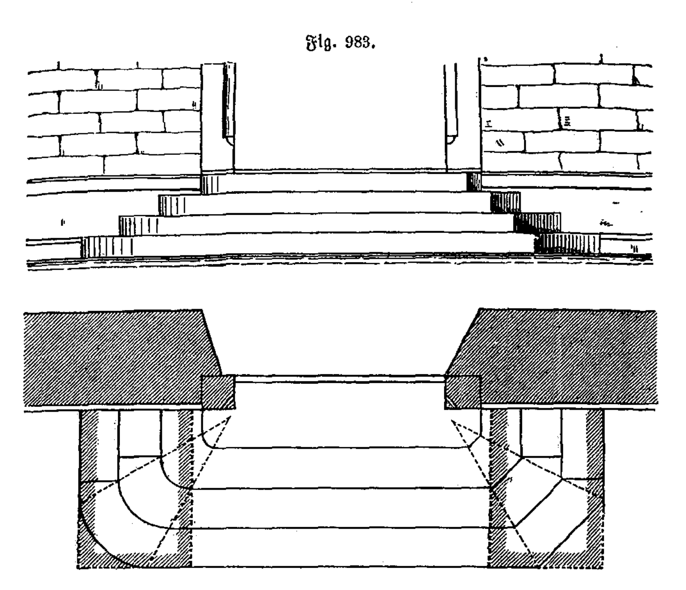
Besser und zweckmäßiger sind die in E und F dargestellten Befestigungsweisen mit Einschubleisten und mit verdeckten Ringschrauben, da bei diesen die Befestigung unsichtbar ist und die Beläge jederzeit zum Reinigen herausgezogen und wieder eingeschoben werden können, ohne daß Schrauben gelöst oder angezogen werden müssen.

§ 4.

Freitreppen.

Darunter verstehen wir Treppen, welche außerhalb der Gebäude angelegt sind. Ihre Konstruktion ist meist sehr einfach und es ist hauptsächlich darauf zu achten, daß sie gut fundamentiert werden, und daß die Fundamente auf dem gewachsenen frostfreien Boden aufsitzen[1])

Fig. 983.



und gleichzeitig mit den Hauptfundamenten des Gebäudes zur Ausführung kommen, damit sie Zeit zum Setzen haben, bis das Versetzen der Treppen vorgenommen wird, eine Arbeit, welche zu den letzten des Maurers an einem Gebäude gezählt wird. Unterläßt man diese rechtzeitige und richtige Fundation der Treppe, so wird man immer finden, daß sich dieselbe vom Hause abzulösen sucht und bald in Verfall gerät.

Um ein rasches Ablaufen des Wassers zu bewirken, erhält die Auftrittsfläche nach vorne ein Gefälle von ca. 2—3 mm.

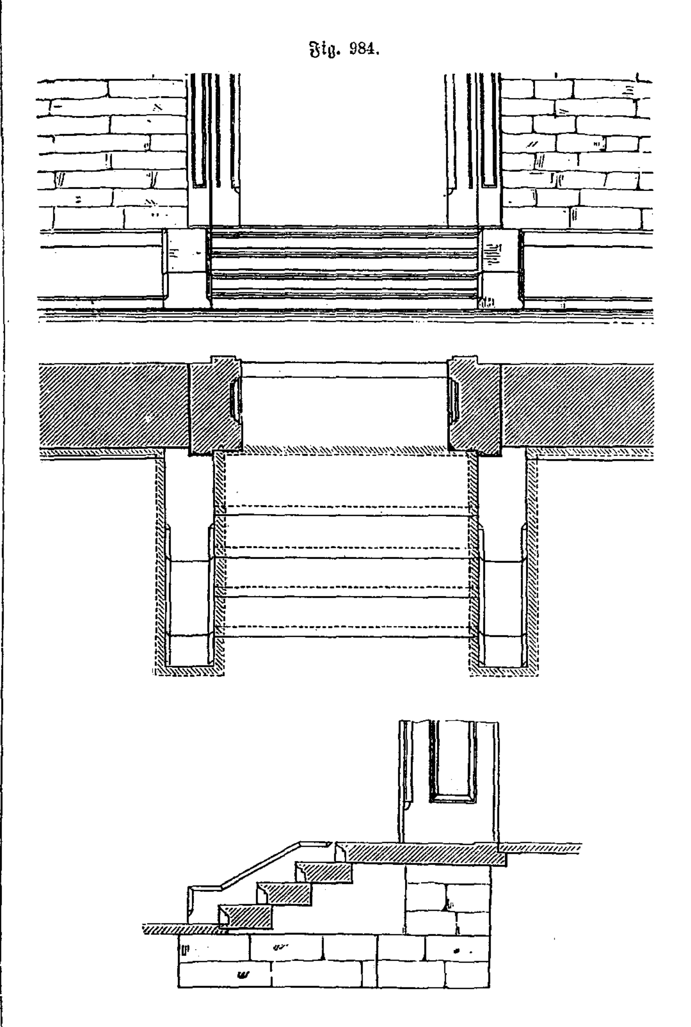
Die erste Stufe einer Freitreppe ruht in der Regel auf einer Fundamentmauer auf und stemmt sich gegen den vor der Treppe befindlichen Bodenbelag von Platten, Steinpflaster u. s. w., weshalb sie 3—4 cm unter den Boden greifend angenommen wird.

1) Siehe S. 89 u. 90.

Je nachdem die Freitreppen von einer, zwei oder drei Seiten begangen werden können, oder ein, zwei oder drei Arme haben, werden sie einseitige, zweiseitige oder dreiseitige genannt.

Die Trittköpfe sind entweder sichtbar, wenn sie auf Wangenmauern oder Bogen aufruhen, oder sie sind unsichtbar, wenn sie in Wangen oder Zargen versetzt sind. Die Tritte, aus gutem Material gefertigt, können auf 2—3 m frei gelegt werden; längere Tritte sind durch Zwischenmauern oder Bogen zu unterstützen. Fig. 983 stellt im Grundriß und in der Ansicht eine häufig vorkommende vorgelegte dreiseitige Treppe in zweierlei Anordnung dar; der oberste Tritt ist zugleich Thürbank und

Fig. 984.



wird mit dem Thürgestelle versetzt, während die drei unteren Stufen erst später angeschlossen werden. Die Stufen werden entweder nur an beiden Seiten auf Fundamentmauern gelegt, wie es in der Figur angedeutet ist, oder sie erhalten noch Zwischenunterstützungen, was unbedingt erforderlich ist, wenn die Tritte gestoßen werden müssen, wobei man darauf achtet, daß die Stoßfugen nicht

gerade in die Treppenachse, sondern mehr seitlich derselben zu liegen kommen.

Fig. 985.



Eine solide Freitreppe ist in Fig. 984 im Grundriß, Durchschnitt und der Ansicht abgebildet, bei welcher die Kopfenden der Tritte 2—3 cm tief in die Wangen oder Zargen eingesetzt sind, weshalb man auch nur diese auf Fundamentmauern zu setzen braucht. Die Treppenwangen sind 0,30—0,45 m dick und können aus Monolithen, der oberen Begrenzung der Treppenrichtung folgend, oder aus mehreren Stücken, in Absätzen versetzt oder einen Bogen bildend, bestehen, Fig. 980 u. 981.

Wie reizvoll sich solche Wangentreppen ausbilden lassen, zeigt Fig. 985, die die Freitreppe am Rathause in Görlitz darstellt, erbaut 1537 von Wendel Roßkopf, Stadtbaumeister von Görlitz.[1])

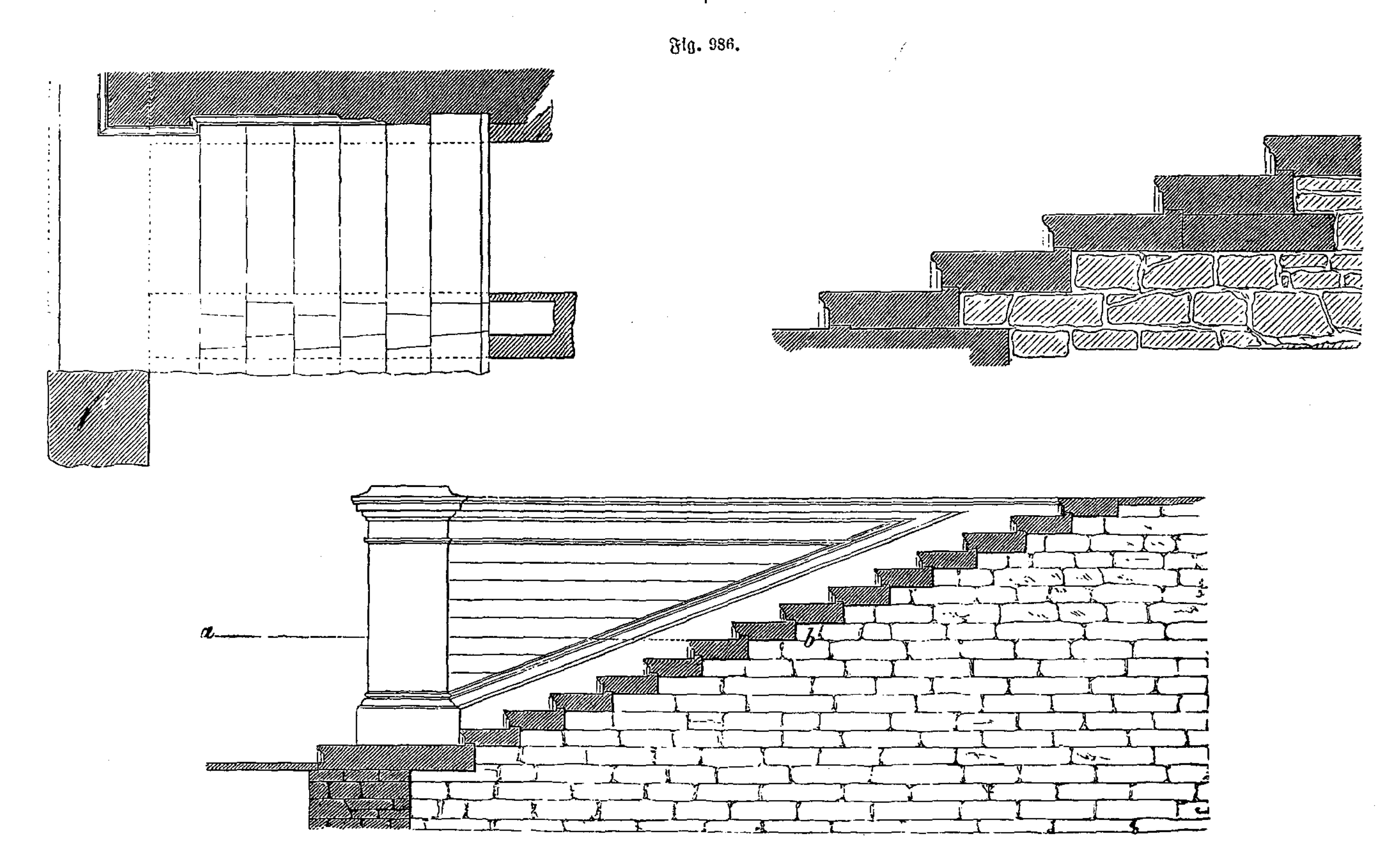
Sind Freitreppen so breit, daß die Stufen der Länge nach nicht aus einem Stück beschafft werden können, so pflegt man über die Stoßfugen gewöhnlich eiserne Klammern versteckt einzulassen, um die einzelnen Stücke miteinander zu verbinden. Dies führt aber mancherlei Übelstände mit sich, namentlich durch das Rosten der Klammern, so daß es vorzuziehen ist, die Stufen abwechselnd aus Läufern und Bindern zusammenzusetzen, wie Fig. 986 eine solche Konstruktion im Durchschnitt, im teilweisen Grundriß nach der Linie ab und im größer gezeichneten Durchschnitt durch einige Stufen zeigt. Jede Stufe fängt mit einem Läufer zunächst der Wangenmauer an, welcher in diese eingelassen und dadurch festgehalten wird. Hierauf folgt ein schwalbenschwanzförmiger Binderstein, der tiefer in die Untermauerung der Treppe, die ebenfalls auf der Zeichnung angegeben ist, eingreift; auf diesen folgt wieder ein Läufer u. s. f., bis der letzte Läuferstein mit seinem äußeren Ende in der zweiten Wangenmauer wieder seine Befestigung findet. In

1) Nach Dohme, Geschichte der deutschen Baukunst 1887, S. 364 u. Fig. 250.

den verschiedenen Stufen liegen die Binder so, daß sie sich um die Hälfte ihrer Breite überdecken.

Wenn auch diese Konstruktion ihrem Zweck vollständig entspricht, so hat sie doch den Nachteil, daß die schrägen Stoßfugen das gute Aussehen der Treppe stark beeinträchtigen und daß ein scharfes Zusammensägen derselben nicht möglich ist.

Fig. 986.



Bei der großen Freitreppe am Kollegienhaus der Universität Straßburg [1]) wurde die Konstruktion dahin abgeändert, daß der schwalbenschwanzförmige Teil der Bindersteine eingemauert und die übereinander liegenden Steine durch Falzung miteinander verbunden wurden. Durch diese sorgfältig eingemauerten oder einbetonierten Bindersteine werden somit nicht die anschließenden Läufer der gleichen Stufenreihe, sondern die darüber liegenden Läufer der nächsten Stufenreihe festgehalten. Die sämtlichen rechtwinkligen Stoßfugen können scharf zusammengesägt werden, und es ist der weitere Vorteil zu beachten, daß, da nur für je 2 Läufer ein Binder notwendig wird, die Anzahl der Stoßfugen eine wesentlich geringere ist, als bei der vorher beschriebenen Konstruktion. Fig. 987 zeigt die Anordnung im Grundriß, Durchschnitt und in einer isometrischen Projektion. An Stelle der in Fig. 986 angenommenen vielen Zungenmauern ruht hier die Treppe auf einem sich der Steigung möglichst anschließenden Gewölbe, was nicht nur billiger ist, sondern noch den großen Vorteil gewährt, daß die sämtlichen Stufensteine auf ihre ganze Länge untermauert, bezw. in Beton verlegt werden können.

Bei diesen großen Treppenanlagen ist ganz besonders darauf zu achten, daß die Auftrittsflächen das notwendige Gefälle erhalten, damit das Wasser nicht stehen bleibt, sondern rasch abfließen kann.

Häufig werden bei Freitreppen die Stufen auf der Unterseite etwas ausgehöhlt, um den unter der Treppe liegenden Räumen Licht zuführen zu können. Die Anordnung ist unschön und in Bezug auf die Reinhaltung unzweckmäßig, und es empfiehlt sich die Einsetzung sogenannter Luxfer-Prismen, Fig. 990, durch die die Öffnungen geschlossen und gleichzeitig die darunter liegenden Räume wesentlich besser beleuchtet werden.

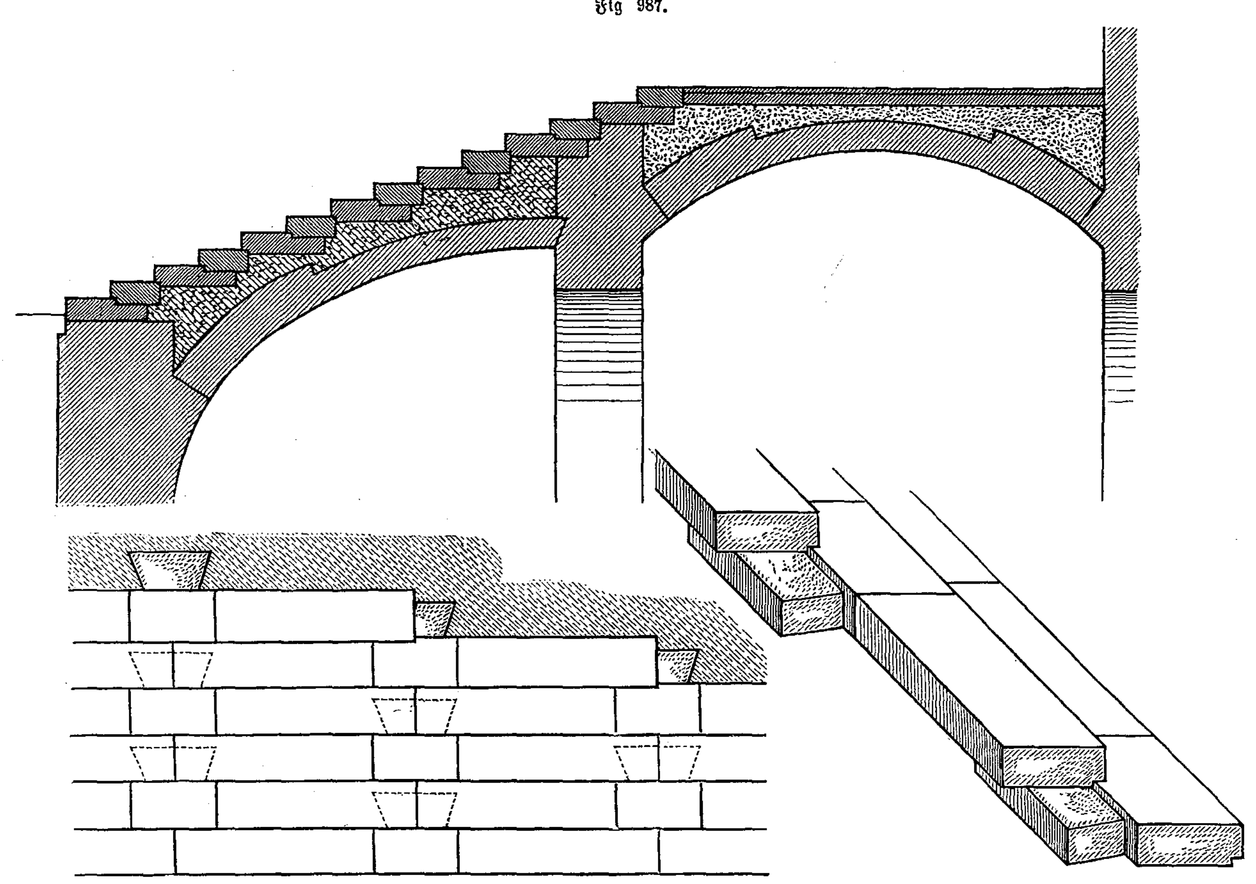
In den Fig. 988 u. 989 geben wir zwei Motive mittelalterlicher Freitreppen,[1]) wie solche an Schloßbauten, Stadtmauern u. s. w. zur Ausführung kamen.

Denken wir uns die Tritte an einem Ende fest eingemauert, und den freien Teil derselben nur so lang, daß

1) Erbaut von Dr. Warth.

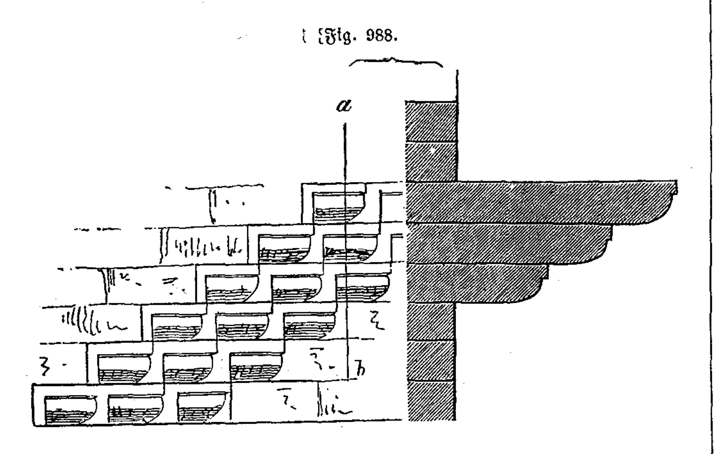
1) Dieselben sind dem schon erwähnten Werke von Viollet-le-Duc, „Dictionnaire raisonné de l'Architecture française", V. Bd., S. 293–294, entnommen.

Fig 987.



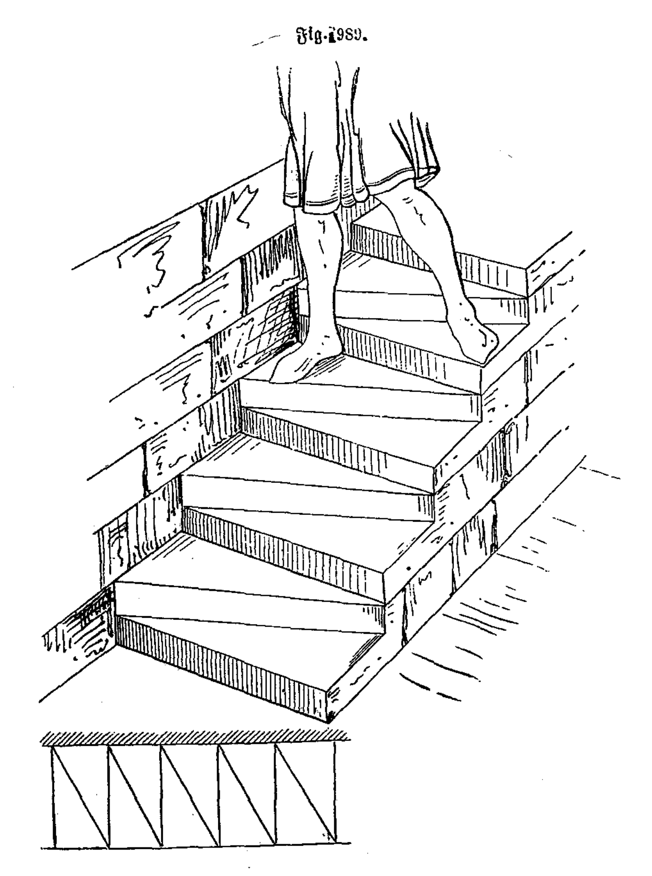
seine Festigkeit der ihm zugemuteten Belastung Sicherheit bietet, so bildet sich die einfachste Konstruktion einer freitragenden Treppe, wobei jeder Tritt die Funktion eines Konsols übernimmt. Dieser kann jedoch dadurch tragfähiger gemacht werden daß man vom äußeren Kopfende gegen

Fig. 988.



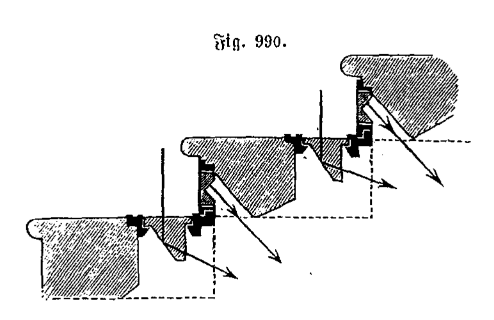
die Mauer seine Breite oder besser noch seine Höhe zunehmen läßt. Anstatt dieser Verstärkung kann aber auch ein zweiter, oder wie auf Fig. 988, noch ein dritter Konsol zur Unterstützung angebracht werden, wobei allerdings der Grundsatz: „Erreichung des jeweiligen Zweckes mit einem möglichst geringen Aufwand an Material“ nicht mehr

Fig. 989.



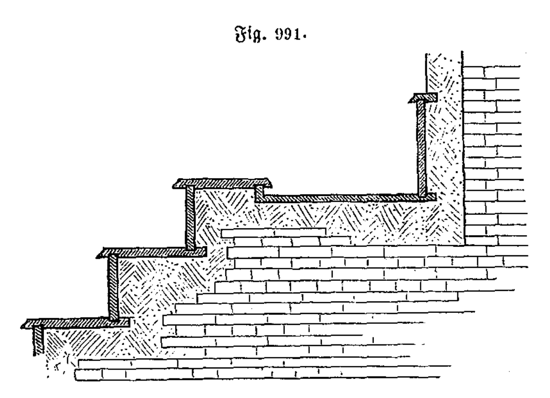
befolgt ist. In Fig. 988 ist ein Teil der Ansicht nebst Durchschnitt nach a b einer solchen konsolenartigen Trittbildung gegeben, wobei ein solider Verband mit dem Gemäuer dadurch erzielt ist, daß die Schichten des letzteren mit den Stufen gleiche Höhe haben.

Fig. 990.



Eine eigenartige Konstruktion einer unterstützten Treppe ist in Fig. 989 in isometrischer Projektion und im Grundriß dargestellt. Wenn nämlich der Raum so beschränkt ist, daß der Neigungswinkel der Treppe gleich 45 Grad wird, so erhalten Steigung und Auftritt gleiche Abmessungen. Nimmt man nun den Auftritt 30 cm breit an, wobei der Fuß bequem Platz findet, so wird die Steigung auch gleich 30 cm und zum Besteigen beschwerlich. Man kam daher auf den Gedanken, aus den 30 cm hohen Tritten ein dreiseitiges Prisma von einer Höhe gleich der halben Steigung in diagonaler Richtung auszuschneiden, damit man beim Begehen der Treppe das gewöhnliche Maß von 15 cm zur Steigung habe; da jedoch die Tritte nur an den Enden die nötige Auftrittsbreite haben, so muß die Treppe in einer Weise begangen werden, wie dies die Figur erklärt.

Fig. 991.



Schließlich zeigt Fig. 991 noch die Stufenkonstruktion der Bassins der römischen Badanlage in Badenweiler mit Platten, die unter sich verfalzt und auf einer Art Beton verlegt sind.[1])

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd.

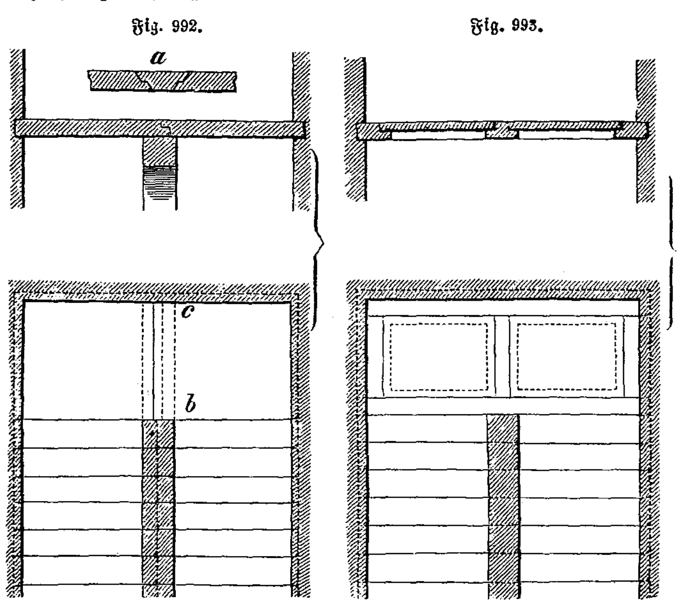
Innere Treppen.

§ 5.

Durch Mauern und Bogen unterstützte Treppen.

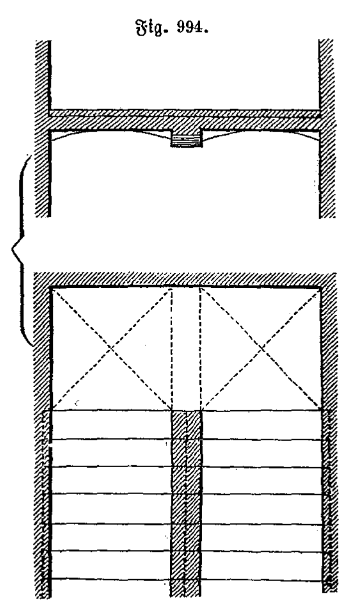
Die inneren Treppen befinden sich in der Regel in einem von drei Seiten mit massiven Mauern umgebenen Raume, dem Treppenhaus; in diesen Mauern findet ein Kopfende der Stufen Unterstützung, so daß es sich nur um die Art der Unterstützung des anderen Kopfendes handelt, wovon der Name der Treppe in konstruktiver Beziehung abhängt.

Fig. 992. Fig. 993.



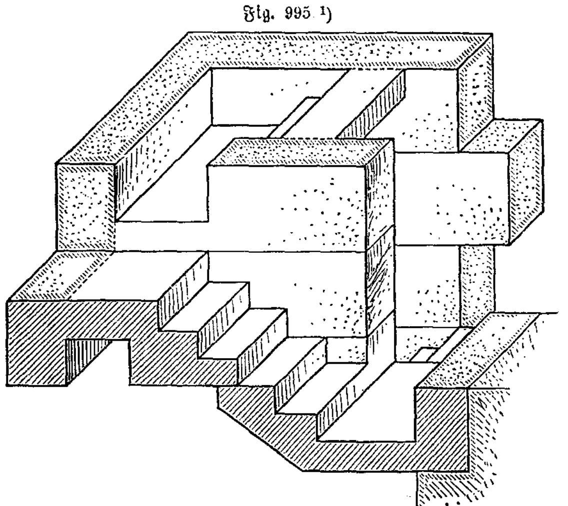
Die einfachste Konstruktion einer unterstützten Treppe besteht in der Herstellung einer Zungenmauer von $1/2$ bis

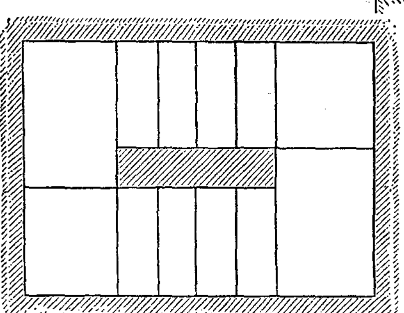
Fig. 994.



1 Stein Stärke, so daß beide Kopfenden der Stufen in volle Mauern versetzt werden.

Fig. 995 1)



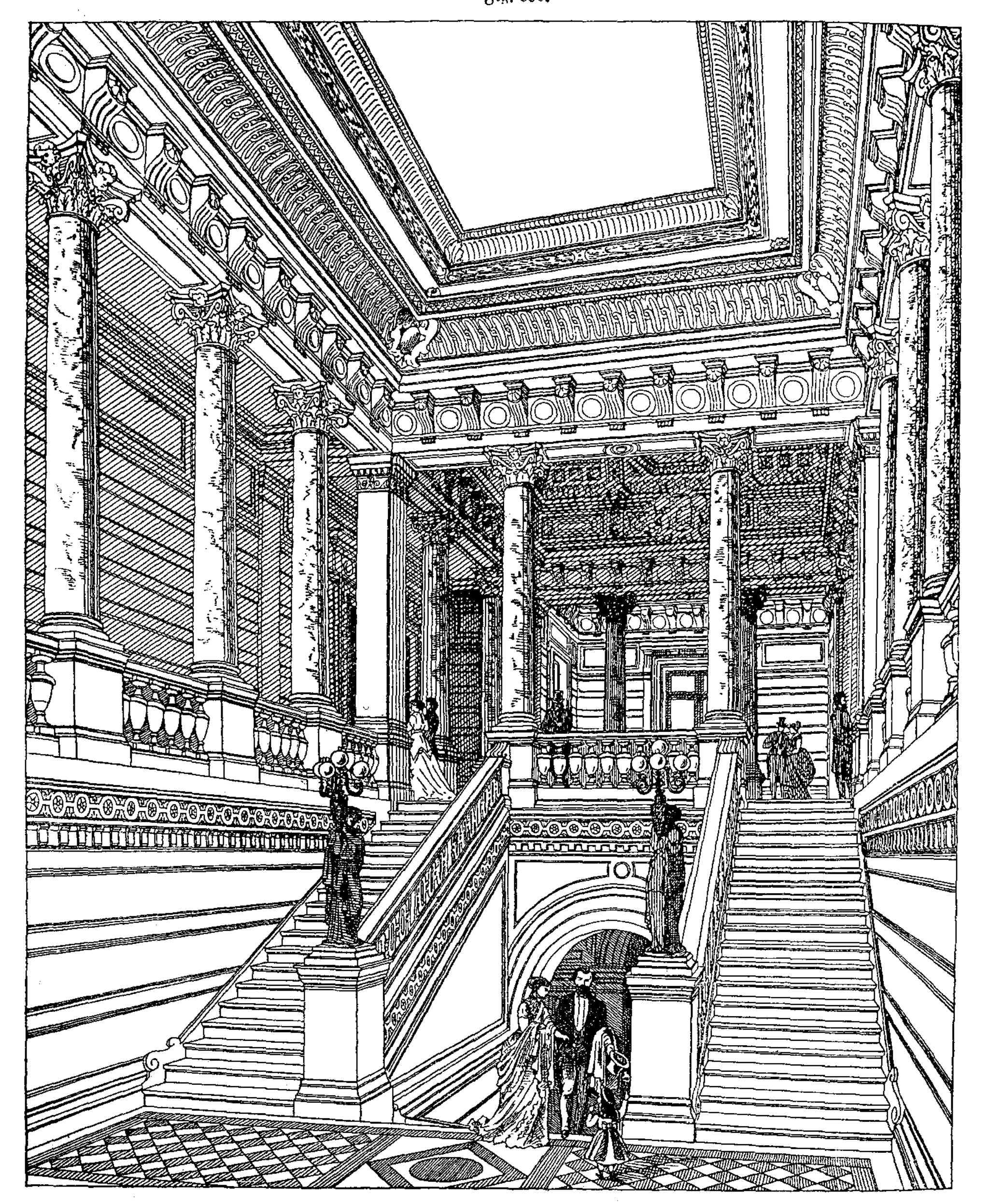


der gegenüber liegenden Umfassungsmauer ein stützender Gurtbogen b c gespannt wird.

Eine andere Konstruktionsweise des Podestes, etwa nach Art der antiken Kassettendecke, ist in Fig. 993 gegeben, wonach dasselbe in zwei Felder geteilt ist und aus gefalzten Rahmen von der Stärke der Stufen und aus schwächeren Füllungsplatten besteht. Da die Rahmen teils auf ihre ganze Länge, teils an den Enden von den Mauern unterstützt werden, so bietet diese Bildungsweise vollständige Sicherheit.

Stehen nur kleine dünne Platten aus natürlichen oder künstlichen Steinen zur Verfügung, so unterwölbt man das Podest, etwa mit zwei Kreuzgewölben, Fig. 994, auf die die Platten in Cementmörtel gelegt werden.

Fig. 996.



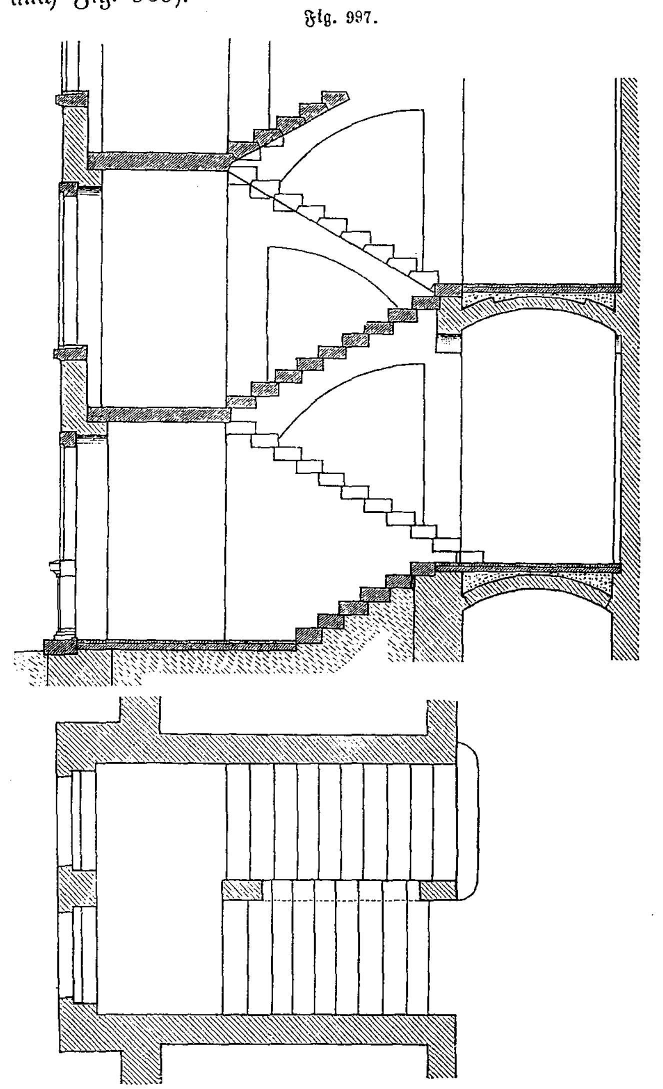
Die am meisten vorkommende Treppe dieser Art ist die gerade umgebrochene Treppe mit 2 Armen und einem Podest, wie solche schon bei den römischen Bauten sich finden, bei denen vielfach mehrere Stufen samt dem Podest aus einem Steine gearbeitet wurden, Fig. 995, wie sich dies z. B. auch bei den großen Freitreppen der persischen Bauten in Persepolis findet. Die Podestplatte erhält die Stärke der Stufen, und wird an vielen Orten, wo große Platten leicht zu haben sind — wie hier in Karlsruhe — aus einem Stück gebildet. Wo dies nicht möglich oder zu teuer ist, setzt man sie aus zwei überfalzten Stücken zusammen, Fig. 992, oder bringt sogar noch ein Mittelstück an, Fig. 992a, zu welchem Zweck von der Stirn der Zungenmauer nach

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, II. Bd.

Solche durch Zungenmauern unterstützte Treppen finden sich besonders in öffentlichen Bauten, in denen die großen mehrarmigen Haupttreppen häufig nur in das I. Obergeschoß führen und eine reiche monumentale Durchbildung erhalten.

Als Beispiel geben wir in Fig. 996 die hübsche Treppe aus der Mairie des 3. Arrondissement in Paris[1]) (siehe auch Fig. 969).

Fig. 997.



Bei diesen Treppenanlagen werden die Geländer gewöhnlich als Steinbalustraden gebildet und die Zungenmauern durch der Steigungslinie folgende oder durch treppenförmig abgesetzte Wangensteine abgedeckt. Der Anschluß dieser Balustraden und Wangen an Postamente und Säulen- oder Pfeilerstellungen bietet in formaler Beziehung manche Schwierigkeiten, weshalb wir auf Taf. 73 eine solche Anlage mitteilen, die der Haupttreppe des Kollegienhauses der Universität Straßburg entnommen ist.[2])

1) Nach Croquis d'Architecture 1873.

2) Siehe auch das Titelblatt.

Fig. 1 giebt den Grundriß der zweiarmigen Treppe, Fig. 2 den Schnitt A durch den Austritt des II. Laufes, Fig. 3 den Schnitt B mit der äußeren Ansicht der in Fig. 2 dargestellten Balustrade, Fig. 4 den Schnitt C durch den Antritt des II. Laufes, Fig. 5 den Schnitt D durch den Austritt des I. Laufes und Fig. 6 den Schnitt durch die Treppenwange und Balustrade.

Die Zungenmauern können auch mit Durchbrechungen versehen werden, so daß statt der vollen Mauer nur Pfeiler mit überspannenden Bogen, die den Stufen zur Unterstützung dienen, übrig bleiben, Fig. 997. Diese Mauerbogen können nach dem Halbkreis, dem Stichbogen oder nach irgend einer einhüftigen Bogenlinie ausgeführt werden. Ein schönes Beispiel einer solchen Treppe giebt Fig. 998 aus dem Jesuitenkollegium zu Reims.

Bei diesen Treppen sind die Stufen als volle Blockstufen oder bei sichtbaren Untersichten als ausgeschalte Stufen gebildet. Haben die Stufen eine freie Länge von ca. 3 m und mehr, so erhalten sie Unterstützung durch vollständige Unterwölbung der Läufe, was besonders dann nahe liegt, wenn die Zungenmauern durchbrochen und die Podeste und anschließenden Korridore überwölbt sind, Fig. 999.

§ 6.

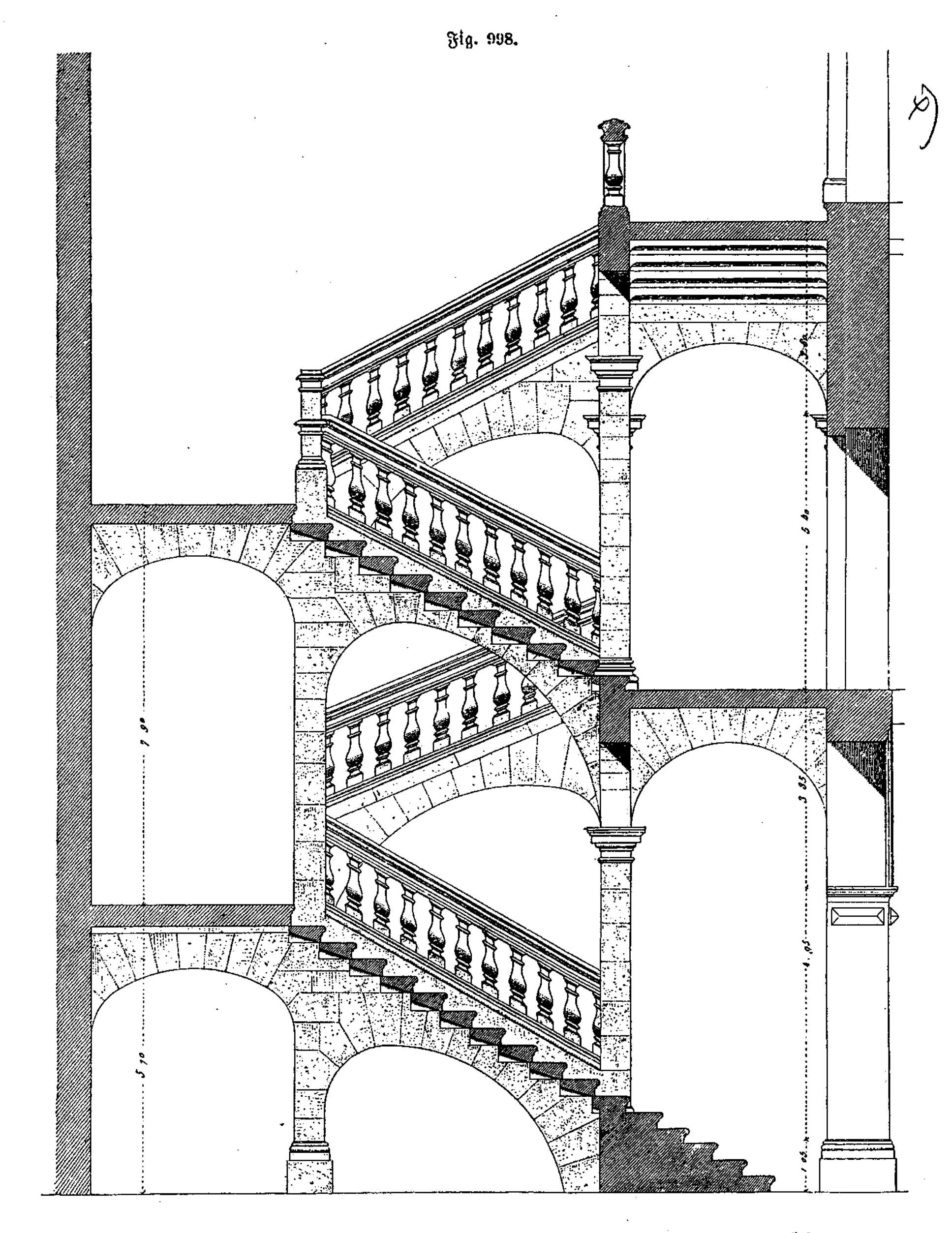
Unterwölbte Treppen.

Wenn wir die Frage aufwerfen, welche Konstruktion wird wohl die geeignetste sein für eine Treppe von außergewöhnlichen Abmessungen, die den Anforderungen an Solidität, Bequemlichkeit, Feuersicherheit, geringsten Materialaufwand und möglichste Durchsichtigkeit der Anlage entspricht, so wird man wohl nicht auf eine unterwölbte Treppe kommen, da eine solche Konstruktion starker Umfassungsmauern bedarf und große Kosten verursacht. Eine andere Frage hingegen ist die Stilfrage, bei der es sich nicht um die geringsten Mittel, sondern um Verwendung der passendsten handelt, die zur Lösung der gestellten Aufgabe führen. So könnten wir uns nicht leicht entschließen, die Haupttreppe eines monumental durchgebildeten Bauwerkes mit gewölbten Vorplätzen und Korridors aus Eisen zu konstruieren mit durchsichtigen Tritt- und Setzstufen, obschon eine solche Treppe an sich ein recht zierliches Ansehen gewährt, was aber in vorliegendem Fall zu sehr kontrastieren würde mit denjenigen Bauteilen, mit welchen die Treppe unmittelbar zusammenhängt. Es werden somit bei den höheren Aufgaben der Architektur die unterwölbten Treppen immer noch ihren Platz behaupten.

Die einfachste Unterwölbung bildet sich offenbar, wenn zwischen Treppenhaus- und Zungenmauer eine dem Treppenlaufe folgende steigende flache Tonnenkappe eingespannt

x) böhmische Kappe

Fig. 998.

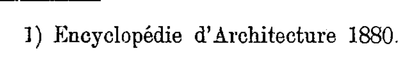


und auch der Podest mit einer solchen unterwölbt wird, Fig. 999. Bei größeren Anlagen verwendet man unter den Läufen halbkreisförmig steigende Tonnengewölbe, und unter den Podesten entsprechende Kugel-, böhmische, Kreuz- oder Sterngewölbe, wodurch große monumentale Wirkungen erreicht werden können, Fig. 1000 (aus dem neuerdings restaurierten im 16. Jahrhundert erbauten Schlosse zu Pau).[1])

Eine größere Durchsichtigkeit und reichere malerische Wirkung der ganzen Anlage wird sich ergeben, wenn die Zungenmauer durchbrochen, die einfachen Mauerpfeiler durch Säulen ersetzt und eine Gewölbeform gewählt wird, die sich den steigenden oder einhüftigen Gurtbogen innig anschließt. Hierzu eignen sich am besten die Kreuzkappe und die böhmische Kappe, x) die sich wegen der außerordentlichen Freiheit in der Gestaltung der Gewölbeleibungsfläche allen Anforderungen anpassen lassen. Ein vortreffliches Beispiel giebt die große Treppe im Pal. Braschi in Rom, Fig. 1001, 1790 von Cosimo Morelli erbaut.[1])

Auf Taf. 74 u. 75 ist eine solche Treppe im Grundriß und Schnitt dargestellt. Die Kappen sind $1/2$ Stein stark, die Gurten, zwischen die sich die Kappen einspannen, haben $1^1/_2$ Stein Breite und Höhe und sind mit den Umfassungsmauern nach der in Fig. 1002 angegebenen Weise verankert, um dem Kappenschub widerstehen zu können; solche Anker sind in Entfernungen von ca. 1,25 bis 1,50 m einzulegen.

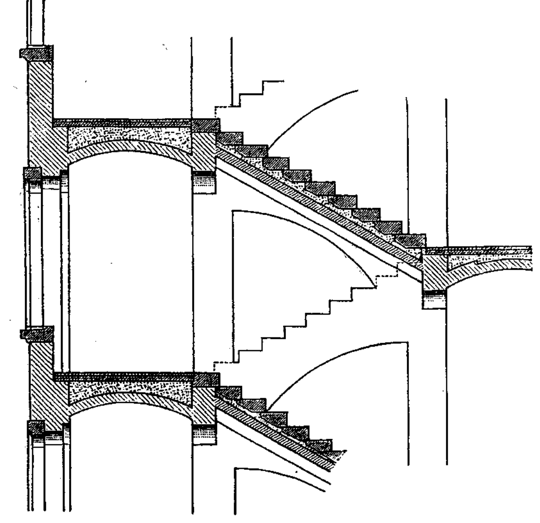
Ferner geben wir auf Taf. 76 u. 77 eine kleinere Treppenanlage aus der technischen Hochschule in Karlsruhe; diese Treppe besteht aus vier geraden und zwei gewendelten Treppenarmen und fünf Podesten. Die Stufen, Podestplatten, Deckplatten der Wangenmauern und Bogen, sowie die Säulen und



1) Encyclopédie d'Architecture 1880.

1) Letaroully, Edifices de Rome moderne, Pl. 197.

Fig. 999.



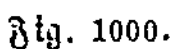
Postamente bestehen aus Sandstein, während die Unterwölbung aus Backsteinen ausgeführt ist. Letztere unterscheidet sich nur insofern von den vorhergehenden Konstruktionen, als des leichteren Aussehens wegen der oberste Treppenarm nebst Podest durch eine einzige steigende Kappe von $1/2$ Stein Stärke getragen wird.

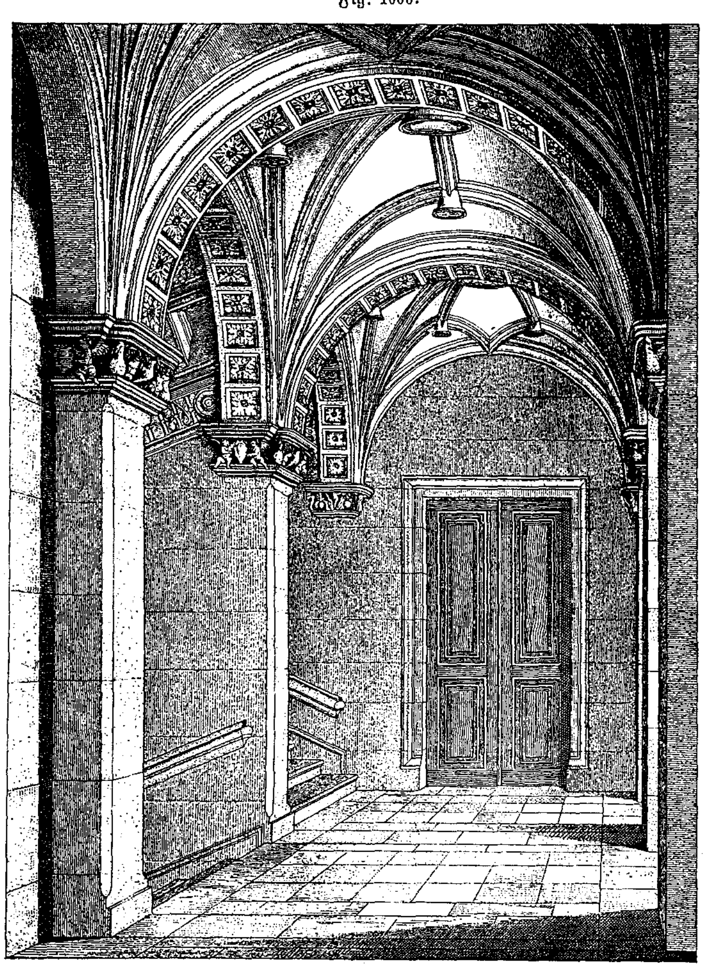
Die bei den Kreuz- und böhmischen Kappen notwendigen Gurten können wegfallen, wenn die Spannung der Kappe nach der aufsteigenden Richtung des Treppenarmes erfolgt, wie dies Fig. 1003 zeigt. Dabei bilden die an den Podesten liegenden Gurtbogen das Widerlager der aufsteigenden Gewölbe. Unter den Podesten können Tonnenkappen, böhmische Kappen oder Kreuzkappen zur Ausführung gelangen. Die steigende Kappe erhält Stichbogenform, so zwar, daß auf den Meter Spannweite 10—20 cm Pfeilhöhe kommen, und man giebt der Steigung eine Richtung, welche parallel geht mit der an die Stufen gezogenen Tangente. Sind solche Treppen nicht über 1,8 m breit, so ist $1/2$ Stein als Gewölbestärke ausreichend; erreicht dagegen die Breite das Maß von 3—3,5 m, so ist eine Gurtverstärkung an beiden Seiten und in der Mitte von $1/2$ Stein, wie dies in Fig. 1903a angegeben ist, zweckmäßig. In formaler Beziehung dürfte eine Auszeichnung der beiden Gewölberänder durch vortretende Gurten, Fig. 1003b, oder durch gezogene Gesimse nach Fig. 1003c zu empfehlen sein.

Bei dieser Konstruktion sind an den Podesten Gurtbogen nötig, die dem aufsteigenden Gewölbe als Widerlager dienen. Sollen auch diese Gurten wegbleiben und soll die Treppe ein noch leichteres Aussehen erhalten und mit geringeren Kosten ausgeführt werden, so verfahre man nach Fig. 1004. Danach spannt man unter die Podeste 1—$1^1/_2$ Stein starke, flache Kappengewölbe, die der aufsteigenden Kappe zum Widerlager dienen. Einfacher läßt sich nicht leicht konstruieren, unter Voraussetzung, daß die nötigen Widerlager für die Podestgewölbe vorhanden sind. Sind solche jedoch nicht zu beschaffen, so unterwölbt man die Podeste nach ihrer Breite in gewöhnlicher Weise mit $1/2$ Stein starken Kappen, Fig. 1004a, welche ihr Widerlager auf einem nach b c gelegten eisernen I-Träger erhalten, der dann der steigenden Kappe ebenfalls zur Unterstützung dient. Die Stärke des Trägers richtet sich nach seiner Länge und der aufzunehmenden Belastung, und wir verweisen in Beziehung auf die Stärkebestimmung auf den III. Band dieses Werkes.

Abgesehen von den großen monumentalen Anlagen werden Unterwölbungen der Treppenläufe da, wo die Stufen in Werksteinen hergestellt werden, selten erforderlich, vielmehr nur dann notwendig sein, wenn die Stufen in Backsteinmauerung mit Cementputz oder Platten- und Holzbelägen ausgeführt werden, worüber wir auf § 10 des näheren verweisen.

Wie malerisch reizvoll sich übrigens derartige Treppenanlagen, vornehmlich im Anschluß an Höfe, gestalten lassen, zeigt Fig. 1005 aus dem Schlosse Porzia zu Spital in Kärnten, aus den ersten Decennien des 16. Jahrhunderts, dessen Hof mit der schönen Treppenanlage auf italienische Baumeister schließen läßt.[1])


Fig. 1000.



§ 7.

Durch Wangen unterstützte Treppen.

Bei Treppen bis zu 2,50—3,00 m Stufenlänge, bei denen keine Unterwölbung notwendig ist, sondern die Unterstützung der beiden Stufenenden genügt, können statt der raumbeengenden Zungenmauern oder Bogen steinerne Wangen oder Zargen angeordnet werden, die mit ihren

1) Lübke, Geschichte der Architektur, II. Bd., S. 472.

Enden auf Mauerpfeilern oder besser Freistützen aufruhen und die Stufenenden aufnehmen.

Eine sehr zu empfehlende Konstruktionsweise einer geraden unterstützten Podesttreppe ist in Fig. 1006 im Grundriß und Durchschnitt dargestellt. Damit nämlich die Wangen oder Zargen, in die die Stufen eingesetzt sind, nicht zu viel Raum einnehmen, sind sie nicht neben-, sondern übereinander gelegt worden. Die erste Wange ruht mit ihrem unteren Ende auf einem Fundament, mit ihrem oberen auf einem Pfeiler, der zugleich der Kellerthür zum Anschlag dient. Auf dieser Wange ruht die zweite, welche die Stufen des zweiten Treppenarmes aufnimmt und mit jener durch einen eisernen Dollen verbunden ist, wie auch die untere Wange mit dem Pfeiler. Hat die Treppe bloß eine Etagenhöhe, so wird ein Geländerpfosten aufgesetzt, im anderen Fall ein gußeisernes Säulchen, auf das sich die erste Zarge der zweiten Stocktreppe aufsetzt, wie die untere Zarge der ersten Stocktreppe auf den Pfeiler. Die Enden der Zargen setzen sich beim Austritt in die betreffenden Etagen gerade so aufeinander, wie dies Fig. 1006 für das Podest zeigt, und lagern dort entweder auf eisernen Trägern, oder besser auf eisernen Säulchen, welche ähnlich wie am Podest auf der Zarge aufstehen.

Fig. 1001.



Auf Taf. 78 geben wir im Grundriß und in der Ansicht eine gerade unterstützte Zargentreppe mit zwei Podesten, bei der auf die Stützen in den Ecken eigens gestaltete Wangenstücke gelagert werden müssen, die sowohl für den aufsteigenden als den niedersteigenden Treppenarm die Anfänge bilden, wie solches in isometrischer Projektion dargestellt ist. Gegen diese Eckstücke stoßen die geraden Wangenstücke gewöhnlich mit einer auf ihrer Richtung senkrecht stehenden Fugenfläche stumpf an, und werden am besten durch ca. 8 cm lange Dollen von I-Querschnitt verbunden, wodurch Drehungen der einzelnen Steine verhindert werden. In diese Wangen sind die Stufen 3—6 cm tief eingelassen, während das andere Ende 10—15 cm in die Umfangsmauer des Treppenhauses gesetzt und sorgfältig vermauert wird.

Bestehen die Umfassungsmauern des Treppenhauses etwa aus kleinen und nicht lagerhaften Steinen, was ein starkes oder ungleiches Setzen dieser Mauern erwarten läßt, so vermauert man Wangenstücke auch in den Mauern, doch muß in diesem Fall der Querschnitt der Wangen nach der Linie a b, Fig. 1007, gebildet werden, um das Einstreifen der Tritte zwischen die beiden Wangen zu ermöglichen.

Der Stoß der Zargen kann auch nach Fig. 1007 stattfinden, doch so, daß die kleinsten Winkel, den die Stoßfugen miteinander bilden, mindestens rechte Winkel sind, wobei man noch darauf Rücksicht nimmt, daß die beiden

Fig. 1002.

Fig. 1003.

Fig. 1004.

Fig. 1005.

Fig. 1006.

Zargenenden durch eine Trittstufe verbunden werden. Die Zarge ist unten breiter angenommen, wie dies aus dem Profil derselben zu ersehen ist, wodurch die Stufen ein größeres Auflager erhalten, ohne die benutzbare Breite der Treppe zu verringern. Die Breite der Zarge beträgt 18—30 cm und ihre senkrecht gemessene Höhe wird gleich der 2= bis $2^1/_2$ fachen Steigung gemacht.

Fig. 1007.

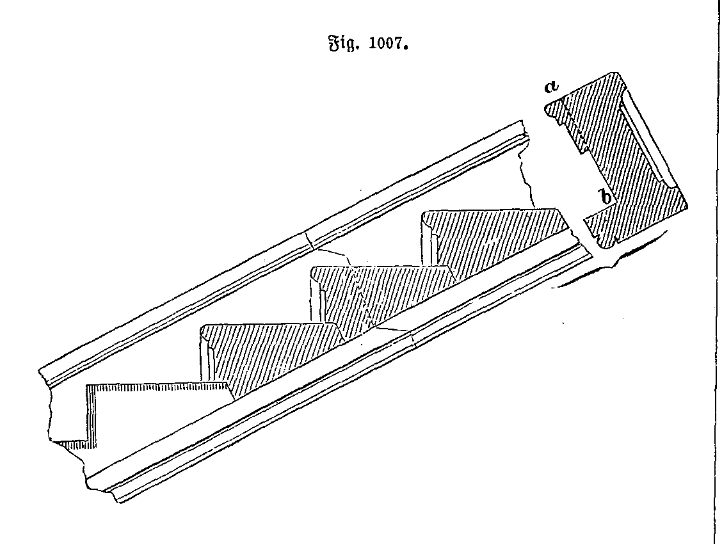


Fig. 948 stellt den Grundriß einer steinernen unterstützten Treppe dar, mit zwei nebeneinander liegenden Wangen, deren Enden durch Pfeiler abgeschlossen und unterstützt sind. Eine solche Anlage erfordert jedoch etwas mehr Stiegenhausbreite, als eine mit übereinander gelegten Wangen, und die Ausführung der Wangen, die wegen der verschiedenen Auftrittsbreite gekrümmt werden und deshalb große Steine erfordern, ist schwieriger als bei gerade steigenden Läufen.

Muß die Wange aus einer größeren Anzahl kleinerer Steine zusammengesetzt werden, so werden diese nach Art der Wölbsteine geformt und zu einem Mauerbogen zusammengefügt, für den dann aber entsprechende Widerlager vorhanden sein müssen, Fig. 981 und Taf. 85.

In neuerer Zeit werden die immerhin schwerfälligen Steinzargen in der Regel durch eiserne Träger ersetzt, die unterhalb der Stufen angeordnet werden, und die sichtbar bleiben oder eine den übrigen Architekturformen entsprechende Verkleidung erhalten können. Diese Träger werden entweder auf Querträger aufgelagert, die unter dem Podest und dem Austritt, bezw. Antritt angeordnet sind, oder sie finden ihr Auflager in Freistützen von Eisen oder Stein, je nach dem Charakter der inneren Durchbildung des Gebäudes.

Indem wir bezüglich der Konstruktion dieser Treppen noch auf Band III dieses Handbuches verweisen, geben wir auf Taf. 79 u. 80 eine ausführliche Darstellung einer solchen Treppe[1]) mit verkleideten eisernen Wangen auf Steinpfeilern und mit Steingeländern, woraus der teilweise komplizierte Steinschnitt, besonders der Pfeilerfüße, ersehen werden kann.

Die ausführlichen, den Werkplänen entnommenen Zeichnungen, die die Konstruktion und Durchbildung der Formen in allen Teilen darstellen, werden nähere Erläuterungen überflüssig machen.

§ 8.

Freitragende Treppen.

Bei den freitragenden Treppen werden die einzelnen Stufen an dem einen Ende fest in das Mauerwerk eingespannt, während das andere Ende frei schwebt und nur dadurch unterstützt wird, daß die Stufe mit der Unterkante in ihrer ganzen Länge auf der unmittelbar vorhergehenden aufruht.

Zu diesen freitragenden Treppen, die schon vor dem 30jährigen Kriege ausgeführt wurden, und in neuerer Zeit vornehmlich im Privatbau fast ausschließlich zur Anwendung kommen, ist mit Rücksicht auf die Art der Unterstützung der einzelnen Stufen festes und tragfähiges Material zu wählen, so daß sich harte Sandsteine, Granit, Syenit und auch einige Marmorarten (Juramarmor) besonders für diese Konstruktionen eignen.

Die statische Untersuchung der freitragenden Stufen ist mit großen Schwierigkeiten verbunden und erst in neuster Zeit versucht worden.[2]) Wir sind deshalb in der Hauptsache auf Erfahrungen angewiesen, und es empfiehlt sich, im gegebenen Fall die Tragfähigkeit des zu verwendenden Materials durch Probebelastungen zu bestimmen, falls eine größere Anzahl von Ausführungen in dem zur Verwendung in Aussicht genommenen Material nicht vorliegt oder eine außergewöhnliche Treppenbreite geplant sein sollte.

So haben die aus rotem feinkörnigen Sandstein ausgeführten 1,41 m langen Stufen der auf Taf. 85 dargestellten Treppe, die 12 cm tief eingemauert und am freien Ende belastet wurden, 600 kg bis zum Bruch getragen. Dies giebt für gleichmäßig verteilte Last 1200 kg, und da sich das Gewicht sicher auf mindestens zwei aufeinander liegende Tritte verteilt, so werden erst 2400 kg gleichmäßig verteilter Last die beiden Tritte zum Bruch bringen. Da auf einer Stufe von 1,41 m Länge höchstens 3 Personen Platz finden, deren Gewicht zu etwa 200 kg anzunehmen ist, so ergiebt sich eine 12fache Sicherheit,

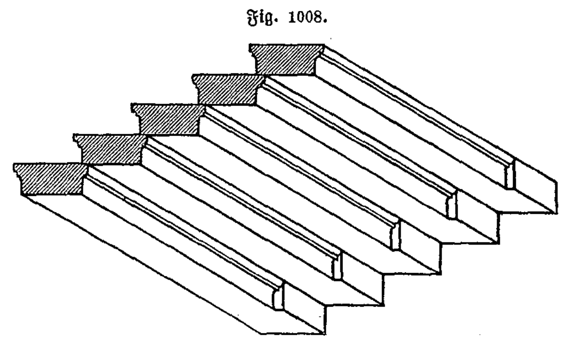
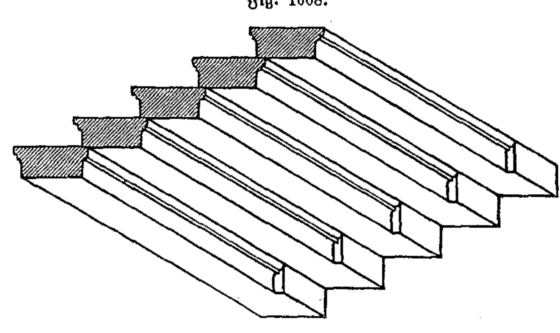
1) Aus dem von Dr. Warth erbauten zoologischen Institut der Universität in Straßburg.

2) Centralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 288, 380 u. 456.

wobei freilich die Erschütterungen, die die Treppenläufe erfahren, nicht berücksichtigt sind.

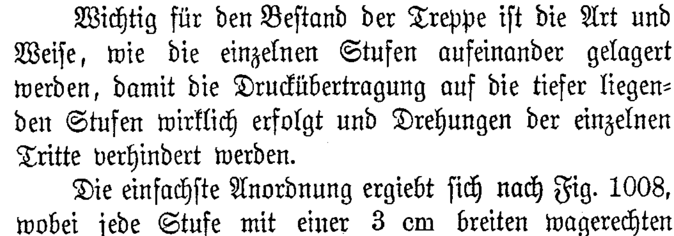
Nach den angestellten Versuchen kann man bei geraden Treppen gewiß 3 Tritte annehmen, auf die sich der Druck überträgt. Bei gewundenen Treppen, ein dichtes Versetzen der Stufen aufeinander vorausgesetzt, pflanzt sich die

Fig. 1008.

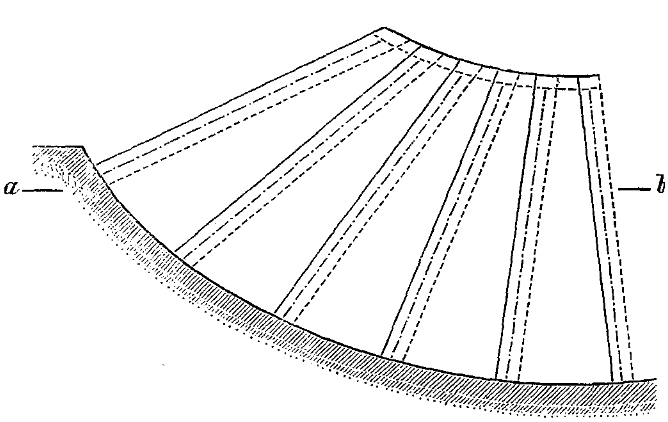



Pressung sogar auf noch mehr Stufen fort, und zwar um so weiter, je enger die Windungen sind, oder je steiler die Spiralen zu stehen kommen. Berücksichtigt man weiter, daß bei den gewundenen Treppen die Stufen Keilform

Fig. 1010.



Schnitt a-b

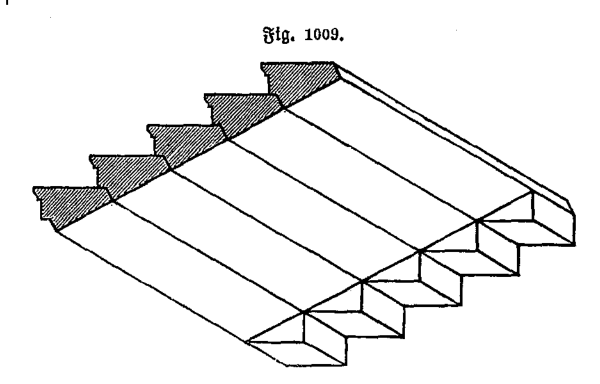


erhalten, der Querschnitt an der Einspannungsstelle somit größer also auch tragfähiger wird als bei geraden Läufen, so ergiebt sich, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die freitragende Länge gewundener Treppen größer werden kann als die bei geraden Läufen.[1])

1) Wir verweisen auf die ca. 3 m breite Rundtreppe in der neuen Residenz in München, in der Nähe der Nibelungen-Säle.

Die Tritte werden am besten 25 cm tief in die Mauer eingreifend angenommen, und nur bei mehrgeschossigen Gebäuden erscheint es zulässig, dieses Maß in den unteren Geschossen auf 12 cm einzuschränken, obgleich eine nennenswerte Ersparnis dadurch nicht erreicht wird.

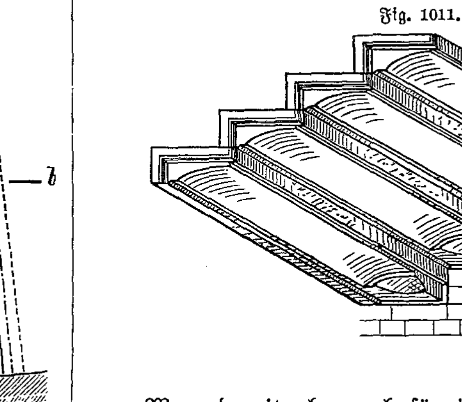
Fig. 1009.



Wichtig für den Bestand der Treppe ist die Art und Weise, wie die einzelnen Stufen aufeinander gelagert werden, damit die Druckübertragung auf die tiefer liegenden Stufen wirklich erfolgt und Drehungen der einzelnen Tritte verhindert werden.

Die einfachste Anordnung ergiebt sich nach Fig. 1008, wobei jede Stufe mit einer 3 cm breiten wagerechten Fläche auf der vorhergehenden aufruht. Eine solche Konstruktion mit abgearbeiteten Unterflächen findet sich z. B. an einer oval gewendelten Treppe im Schloß in Rastatt (aus dem ersten Drittel des 18. Jahrhunderts), Fig. 1010. Eine ähnliche Anordnung, aber mit profilierten Untersichten, zeigt Fig. 1011 aus der Moschee Mangak in Cairo.[1])

Fig. 1011.



Wenn damit aber auch für jede Stufe auf ihre ganze Länge ein Auflager geschaffen ist, so ist die Verbindung doch ungenügend, um seitlichen Beanspruchungen entgegenzuwirken, so daß Verschiebungen und Verdrehungen der einzelnen Tritte nicht ausgeschlossen sind.

Man versieht deshalb die freitragende Stufe an ihrer Unterfläche mit einem Falz, Fig. 1009, mit dem sie

1) Handbuch der Architektur, II. Teil, III. Bd., 2. Hälfte, S. 57.

auf der vorhergehenden Stufe aufruht. Dieser Falz besteht aus dem horizontalen 3 cm breiten Auflagerstreifen, und dem senkrecht zur Steigungslinie des Treppenlaufes

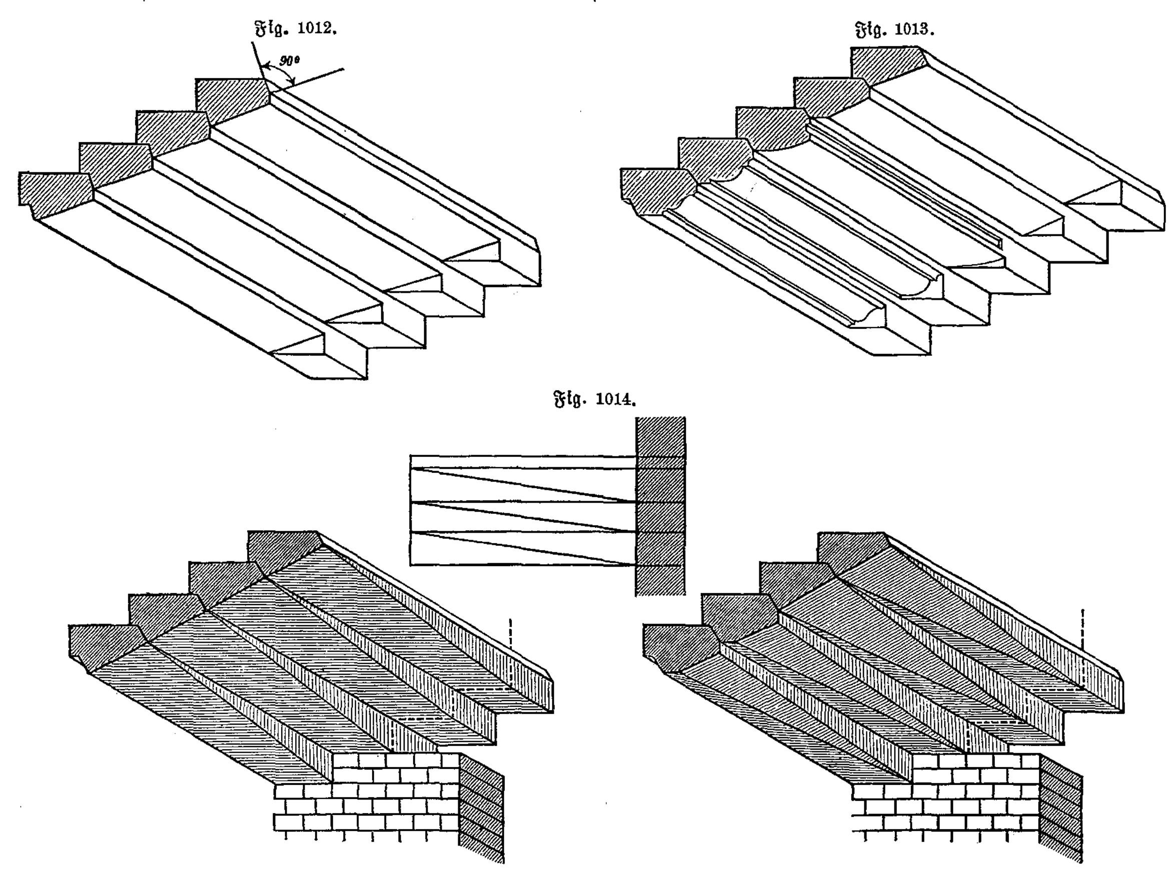
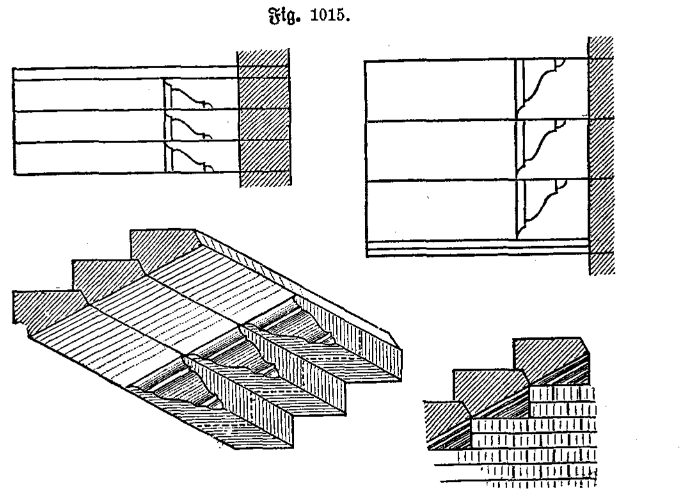
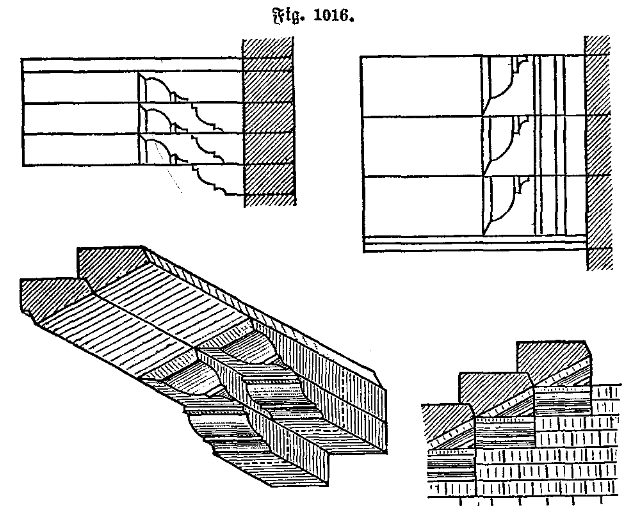


Fig. 1012. Fig. 1013. Fig. 1014.

stehenden 6—10 cm breiten Flächenstreifen, dem sogenannten Stoß, wodurch jede Stufe auf ihre ganze Länge so gefaßt wird, daß Verschiebungen und Verdrehungen verhindert


Fig. 1015.


Fig. 1016.

werden; dabei sollen die Fugen zwischen den einzelnen Stufen schwach sein und nur etwa 2—3 mm Dicke erhalten. In der Regel werden die Stufen ausgeschalt, so daß die sauber zu bearbeitende Untersicht eine der Steigungslinie parallele ebene Fläche bildet, im Mauerwerk dagegen behält der Stein den rechteckigen Querschnitt, wodurch ein gutes horizontales Auflager gewonnen wird.

Die Tragfähigkeit der Steine und damit ihre freitragende Länge kann durch Vergrößerung des Querschnitts des freitragenden Teiles vermehrt werden, was auf verschiedene Weise zu erreichen ist, ohne daß der zur Stufe notwendige Stein größere Abmessungen erhalten müßte.

a) Die Stufen behalten an der Hinterkante eine größere Dicke, so daß sich die ausgeschalten Untersichten treppenförmig gegeneinander absetzen, Fig. 1012.

b) Die Stufen werden in der Untersicht parallel zur Steigungslinie abgeschrägt, doch so, daß sich rechtwinklige Einsätze bilden, oder die Untersicht wird nach einem Profil ausgebildet, Fig. 1013.

c) Der am Auflager rechteckige Querschnitt geht allmählich in den ausgeschalten Querschnitt am freien Ende des Trittes über, Fig. 1014, in drei verschiedenen Ausbildungen.

d) Der rechteckige Querschnitt wird in einiger Entfernung von der Mauerflucht durch ein passendes Profil in die ausgeschalte Form übergeführt, Fig. 1015.

e) Die nach einer der Formen a—d gebildeten Tritte erhalten eine Unterstützung durch einen mehr oder weniger weit ausladenden Kragstein, Fig. 1016 u. 938.

In formaler Beziehung ist zu erwähnen, daß die Stufen an der Untersicht ihrer freischwebenden Enden mit bandartigen Verstärkungen versehen werden können, die als Zargen erscheinen, Taf. 82, Fig. 4. Dadurch erhält die Untersicht einen bestimmten Abschluß und die Trittköpfe eine wesentliche Verstärkung, die das Einsetzen der Geländerstäbe erleichtert.

So wie die Trittköpfe nach unten verstärkt werden können, kann dies auch nach oben geschehen, Fig. 1017, wodurch sich eine aus Trittköpfen zusammengesetzte Wange bildet; diese Anordnung dürfte indessen selten zur Ausführung kommen, da sie viel Material und Arbeit erfordert und deshalb bedeutende Kosten verursacht.

Die Podeste und die Austritte, denen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist, können in verschiedener Weise ausgebildet werden:

a) Die Podeste werden am einfachsten aus einer Steinplatte gebildet, die in die Treppenhausmauer eingemauert ist und auf der unmittelbar vorhergehenden Stufe aufliegt. Da die Podestplatte den Austritt des ersten Laufes bildet und zugleich auch den Antritt des nächsten Laufes unterstützt, so erhält sie in ihrer Vorderfläche eine zweifache Bearbeitung, wie dies Fig. 1018 in Querschnitten und isometrischen Ansichten zeigt. In dieser Figur ist auch das ausgefalzte Gewände der Kellerthür, die in der Regel unter dem ersten Treppenlaufe angeordnet wird, angegeben und gezeigt, wie sich dasselbe an einen Tritt anschließt, der zugleich als Thürsturz dient.

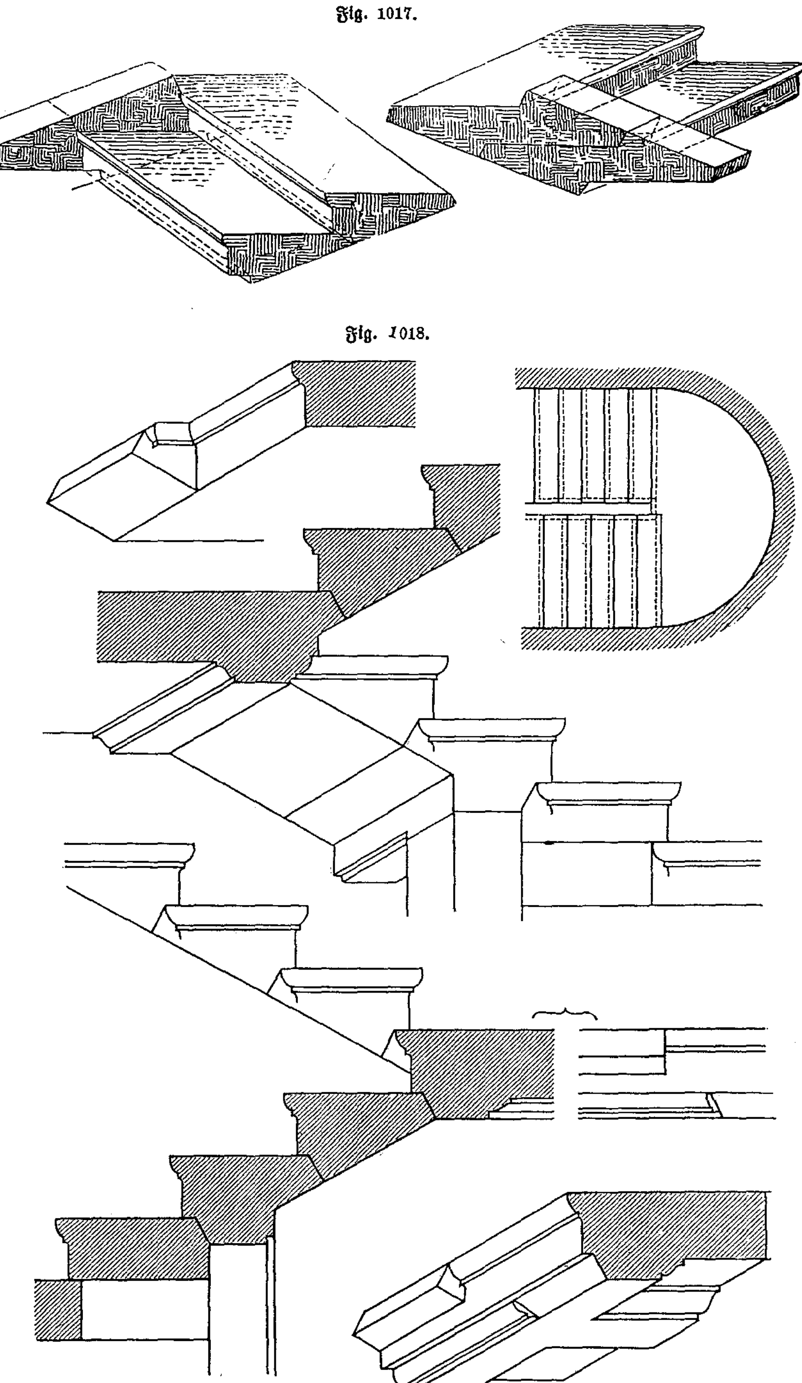
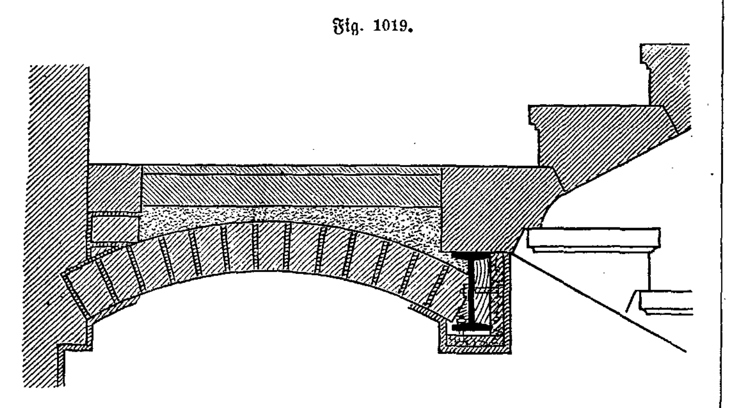

Fig. 1017.

Fig. 1018.

b) Hat das Podest eine bedeutende Länge, so daß eine Steinplatte zu groß werden und auch das Versetzen sehr erschwert würde, so kann man sie der Quere nach in zwei oder noch mehrere Stücke zerlegen, ähnlich wie in Fig. 992, und an den Stößen falzartig ineinander lagern. Es empfiehlt sich in diesem Fall,

die freischwebenden Platten an der Vorderkante durch eine I-Schiene zu unterstützen, wie dies in Fig. 1019 angenommen ist.

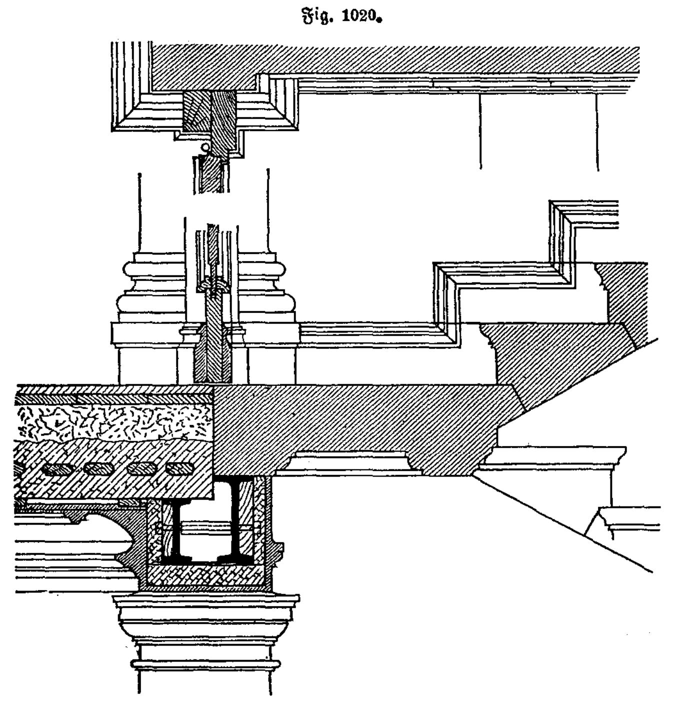
Fig. 1019.



c) Man ordnet einfache Steinbalken an, die an ihren Oberkanten mit Falzen versehen sind und schwächere Füllplatten zwischen sich aufnehmen, wie in Fig. 993.

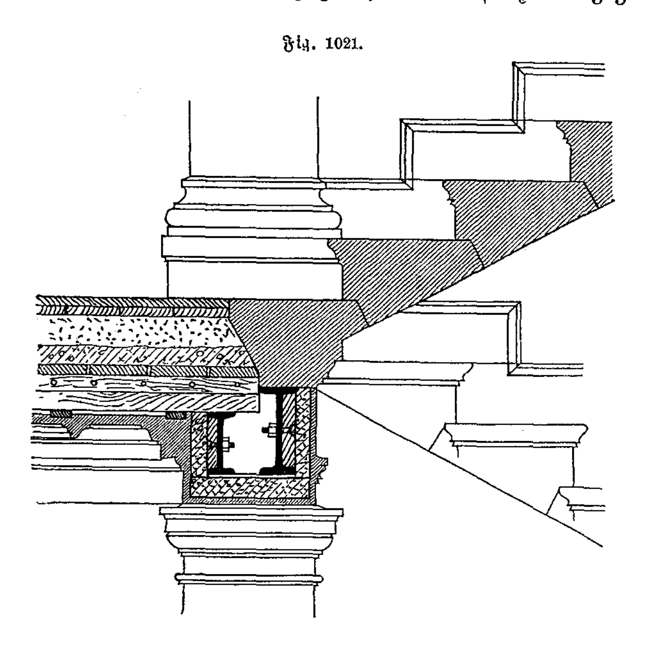
d) Man unterwölbt das Podest, am einfachsten zwischen Eisenschienen, Fig. 1019, und verwendet einen Plättchen-, Terrazzo- oder Mosaikbelag.

Fig. 1020.



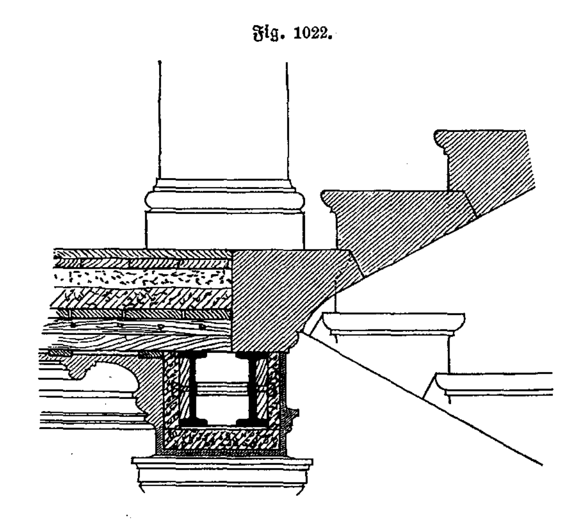
e) Beim Austritt in die Stockwerke, besonders, wenn Glasabschlüsse zur Trennung der Wohnung vom Treppenhause angeordnet sind, werden am besten ebenfalls ganze Platten verwendet, so daß alle zur eigentlichen Treppenkonstruktion gehörigen, innerhalb des Treppenhausraumes liegenden Teile aus demselben unverbrennlichen Material bestehen. Um diesen nur auf zwei Seiten in den Treppenhausmauern aufruhenden großen Platten eine bessere Unterstützung zu geben, und um zugleich ein Auflager für die an die Platte anstoßenden Deckenbalken zu schaffen, legt man nach Fig. 1020 eiserne Träger ein, die, in passender Weise verkleidet, zugleich die Vorplatzdecke gegen

Fig. 1021.



das Treppenhaus abschließen und mit den entsprechend durchgebildeten Wandpfeilern den Rahmen für den Glasabschluß bilden.

Fig. 1022.



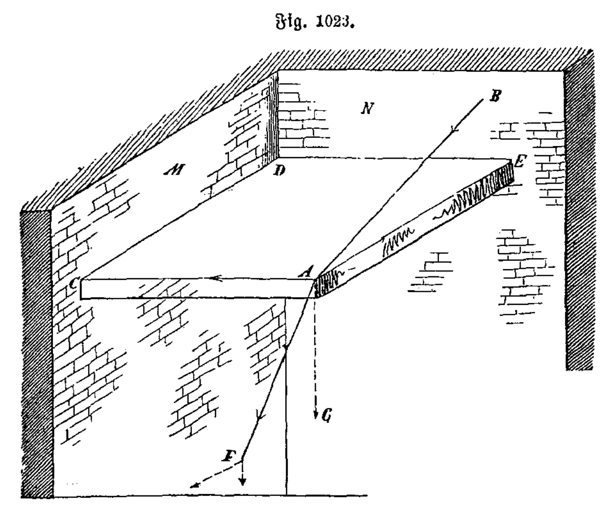
f) Die Anordnungen mit einfachen Steinbalken, die als Austritt und zugleich dem nächsten Laufe als Unterstützung dienen, und an die die Deckenbalken unmittelbar anstoßen, sind in Fig. 1021 u. 1022 dargestellt. Eine etwas abweichende aber weniger empfehlenswerte Konstruktion zeigt Taf. 82, Fig. 1, 5 u. 7. Hier ist hinter dem den Austritt bildenden Steinbalken

ein Wechsel eingelegt, der die Balkenköpfe mittels Brustzapfen aufnimmt. Zur Unterstützung des langen Steins sind an seinen beiden Enden Eisenbahnschienen eingelassen, Fig. 5 u. 7, und außerdem zwei gekuppelte Unterlagshölzer angeordnet, die, mit Stuck- oder Holzverkleidung versehen, die Vorplatzdecke abschließen.

Auf Taf. 81 u. 82 geben wir im Zusammenhange die vollständige Konstruktion einer freitragenden Treppe, die von Oberbaurat Lang, dem früheren verdienstvollen Bearbeiter dieses Handbuches, in einem Privathause in Karlsruhe ausgeführt wurde und nach dem bisher Mitgeteilten keine weiteren Erläuterungen erfordert.

Freitragende Treppen lassen sich auch mit inneren Wangen, die nur beim Antritt und Austritt unterstützt sind, konstruieren.

Fig. 1023.



Denkt man sich nur die Wangen und die Podestplatten aufgestellt, so läßt sich nachweisen, daß, wenn der Fuß der untersten Wange unwandelbar feststeht und die Stabilität der Umfangsmauern groß genug ist, die Unterstützungen in den Ecken entbehrlich werden. In Fig. 1023 stelle A C D E die Podestplatte, A B die aufsteigende und A F die absteigende Wange dar, deren Fußpunkt F unverrückbar fest ist. Die nach B A wirkende Last oder Kraft zerlegt sich in A in eine horizontale nach der Richtung A C, welcher die Stabilität der Mauer M widersteht, und in eine lotrechte nach der Richtung A G. Letztere läßt sich wieder in zwei Seitenkräfte zerlegen, wovon die eine mit der Wange A F, die andere mit der Kante A E der Podestplatte zusammenfällt. Die erste soll durch das Fundament der Wange unwirksam gemacht werden; da man sie aber in einen vertikalen Druck und in einen horizontalen Schub zerlegen kann, so muß der Fuß der Wange nicht nur gegen Senkung, sondern auch gegen Verschiebung gesichert sein. Die zweite mit A E zusammenfallende Kraft wird durch die Stabilität der Mauer N aufgehoben.

Hierauf beruht die Konstruktion der freitragenden Treppen mit Wangen, wie eine solche auf Taf. 83 dargestellt ist. In den Ecken pflegt man, um mehr Platz zu gewinnen, die Wangen abzurunden, wie dieses der Grundriß, Fig. 2, Taf. 83, nachweist.

Es entstehen hier alsdann eigentümlich gestaltete Wangenstücke, denen man den Namen Krümmlinge beigelegt hat. Man kann sich einen solchen durch Bewegung des Rechtecks, das als Querschnitt des geraden Wangenstücks zum Vorschein kommt, entstanden denken, wobei die Eckpunkte dieses Rechtecks kongruente Schraubenlinien durchlaufen.

Um an Material zu sparen, macht man die Krümmlinge nicht zu groß, und läßt sie in der Horizontalprojektion durch Viertelkreise begrenzen, die aus dem Durchschnittspunkte der verlängerten Vorderkanten der Stufen 10 und 13, Fig. 2, beschrieben sind. Um die Punkte v und w, Fig. 2, Taf. 83, und Fig. 1, Taf. 84, zu bestimmen, teilt man den Bogen r t, Fig. 1, Taf. 84, in drei gleiche Teile, und damit die Kantenlinien c und d senkrecht gegen den Bogen r t treffen, ziehe man durch v und w Radien aus z bis zum Durchschnitt mit ihnen, mache dann die Stücke g h und f k gleich g w und f v, errichte in den Punkten h, w, k und v Perpendikel, bezüglich auf die Linien h g, w z, f k und f z, bis sich diese in m und n schneiden, so sind dies die Mittelpunkte von Kreisbogen, zu denen die Kantenlinien c und d Tangenten sind und die normal auf dem Bogen r t stehen.

Um die Stoßfugen zwischen dem Krümmling und den geraden Wangenstücken zeichnen zu können, ist es nötig, sie in der Verstreckung zu bestimmen. Man trage zu diesem Zweck auf eine horizontale Linie A B, Fig. 2, Taf. 84, einige Auftritte 8, 9; 9, 10; u. s. w. aus Fig. 1 auf, und dann auch die Größen r v, v w und w t, und wieder einige Auftritte, t, 14; 14, 15; u. s. w. In diesen Punkten errichte man vorläufig unbegrenzte Perpendikel, nehme auf dem ersten den Punkt 8 beliebig an und trage von hier aus so viele Steigungen der Treppe auf, als man Auftritte auf A B bezeichnet hat. Zieht man nun auf diesen Teilpunkten bis zu den gleichnamigen Perpendikeln Horizontallinien, wie dies Fig. 2, Taf. 84, näher nachweist, so erhält man eine Abwickelung der Stufenstirnen zunächst der Wange; und wenn man den Vorsprung der letzteren über und unter den Stufen bestimmt und durch diese Punkte gerade Linien zieht, so erhält man die Abwickelung der Wange selbst. Da die Auftritte r v, v w und w t kleiner als die übrigen, die Steigungen aber alle gleich groß sind, so wird die Abwickelung der Wange von zwei gebrochenen Linien begrenzt sein, deren Winkel durch passende Kreisbogen abgerundet werden müssen, wenn in der Ausführung nicht unangenehm ins Auge fallende Brüche in der Ober-

fläche der Wangen, da wo sie mit den Krümmlingen zusammenstoßen, erscheinen sollen. Die Mittelpunkte z und z′ dieser Kreisbogen werden ganz so, wie m und n in Fig. 1 gefunden, und es ist nur noch zu bemerken, daß man die Stücke $\alpha y' = \alpha x'$ und $\beta y = \beta x$ in Fig. 2 nicht zu groß wählen darf, weil sonst zu dem Krümmling ein zu großer Stein erforderlich wird. Um nämlich die geraden Wangenstücke ohne Schablonen, als reine Parallelepipeda bearbeiten zu können, müssen die Stoßfugen mit dem Krümmling durch die Punkte y′ und x, und zwar durch z und z′ laufend, gezogen werden. Diese Fugen sind nun auf die gerade Linie A B, Fig. 2, nach x und y, zu projizieren, und von hier in den Grundriß, Fig. 1, zu

Fig. 1024.

übertragen, wodurch die Größe des Krümmlings in der Horizontalprojektion bestimmt wird.

Um den Krümmling selbst darzustellen, kann man zweierlei Wege einschlagen, von denen der eine einfacher ist, aber mehr Material erfordert, der andere einige Vorarbeiten verlangt, dafür aber auch an Material erspart. Die Fig. 3 u. 4, Taf. 84, zeigen die erste Methode (und zwar Fig. 4 den fertigen Krümmling), die sich bei genauer Betrachtung selbst erklärt, und die wir daher auch nur kurz andeuten wollen. Die Größe des erforderlichen Steins ergiebt sich aus der Horizontalprojektion, Fig. 1 nach Breite und Länge durch das um den Krümmling gezogene Rechteck a b c d, und die Höhe aus der vertikalen Entfernung h h′ der beiden Punkte y und x, Fig. 2, übereinander. Zuerst wird nach der aus der Horizontalprojektion zu entnehmenden Schablone ein normales, hohles Cylinderstück, Fig. 3, gearbeitet, auf dieses die in Fig. 2 gezogenen Perpendikel als Mantellinien verzeichnet, und auf diesen die Punkte, wo sie die Wangenlinien schneiden, durch unmittelbare Messung aus der Verstreckung bestimmt, worauf die letzteren mittels eines biegsamen Lineals zusammengezogen werden. Diese Operation muß sowohl auf der konvexen als auf der konkaven Seite des Cylinderstücks geschehen, wie Fig. 3 zeigt, und bei der weiteren Bearbeitung ist zu berücksichtigen, daß nur solche Linien, wie v v′ und w w′ u. s. w., Fig. 1, auf beiden Schraubenflächen des Krümmlings gerade Linien sein müssen.

Bei der zweiten Methode wird ein Stein von der Größe $\alpha\beta\gamma\delta$, Fig. 3, Taf. 84, verwendet, und es müssen deshalb die Schablonen auf den Ebenen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ bestimmt und nach diesen der Stein ausgearbeitet werden.

Um den Podestplatten eine mehr gesicherte Lage zu geben, pflegt man die Umfangsmauern in den Ecken bei E E, Fig. 2, Taf. 83, abzurunden, die Podestplatten selbst aber, wie die punktierten Linien dies zeigen, viereckig zu lassen. An Raum wird hierdurch nur scheinbar eingebüßt, weil die Ecken beim Gebrauch der Treppe nicht oder doch nur selten betreten werden.

Es läßt sich leicht einsehen, daß aus denselben Gründen, nach denen eine gebrochen gerade Treppe, ohne Stützen in den Ecken, sich selbst tragen kann, nur mit Hilfe der Podeste und der Umfangsmauern des Treppenhauses, auch eine gewundene Treppe der Stützen unter der inneren Wange entbehren und daher als freitragend ausgeführt werden kann.[1])

Als ein weiteres Beispiel freitragender Treppen, deren Wangen als Bogen aus Werksteinen konstruiert sind, geben wir die Zeichnungen Taf. 85[2]) und Fig. 1024. Zu solchen Wangenbildungen eignen sich vorzugsweise weiche Steine, wie solche in Frankreich vorkommen, wo man auch derartige Treppenkonstruktionen findet.[3]) Dabei können die Bogensteine kantig versetzt und der Bogen geschlossen werden, worauf erst die Gesimse und das Auflager der Stufen angearbeitet werden; eine Ausführung, welche, wenn sie genau sein soll, bei hartem Material mit vielen Schwierigkeiten verknüpft ist. Der Grundriß des Treppenhauses, Fig. 1, Taf. 85, bildet ein Quadrat von 6,9 m Seitenlänge; die Treppe ist so angeordnet, daß sie von oben beleuchtet werden kann. Die Breite der Treppe beträgt 1,88 m, der Auftritt 31,38 cm und die Steigung 15,7 cm.

1) Wegen gewendelter freitragender Treppen mit Wangen siehe Taf 88—91.

2) Dieselben sind der Mangerschen Schrift: „Die Baukonstruktionslehre der Treppen" u. s. w., Berlin 1859, entlehnt.

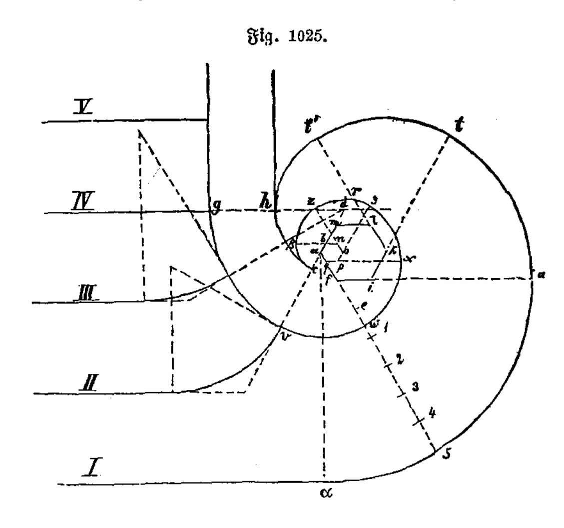
3) Eine sehr schöne derartige Treppe findet sich auch in dem prächtigen, von Balthaser Neumann erbauten Schlosse in Bruchsal (begonnen 1722).

Die Treppe besteht aus drei geraden Armen mit zwei Podesten und einer Austrittsflur von 6,9 m Länge und 1,88 m Breite. Die Stufen ruhen mit dem einen Kopfende in den Umfassungsmauern, mit dem anderen in den ausgefalzten Bogen, wie dies aus der isometrischen Ansicht, Fig. 1024, ersichtlich ist. Die Podeste und die Austrittsflur sind mit Kreuzgewölben unterwölbt, deren Gräte nach oben verstärkt sind. Diese Gewölbe lehnen sich nicht allein an die Umfassungsmauern, sondern auch an acht Bogen or, rm′, rr u. s. w., die den Druck der Wangen auf die Umfassungsmauern fortpflanzen, wie dies die Durchschnitte, Fig. 2 u. 3, ersterer nach xy, letzterer nach wz, Fig. 1, erklären. Da sich die unteren Konturen der Bogen, wenn man dieselben verlängert, schneiden, so scheint die Haltbarkeit dieser Konstruktion etwas zweifelhaft; wenn man jedoch bedenkt, daß die eigentlichen Stützbogen im Inneren des zusammengesetzten Bogensystems liegen und stetige Kurven bilden, welche in Fig. 2 u. 3, Taf. 85, einpunktiert sind, und auf welchen die Fugen der Bogensteine normal stehen, so werden alle Zweifel schwinden. Die punktierten Bogenlinien der Stützbogen sind aus vielen Kreisstücken zusammengesetzt, deren Mittelpunkte in Fig. 2 in a, b, c, d, e und f liegen, ebenso sind g, h, i, k u. s. f. in Fig. 3 Mittelpunkte für den Stützbogen. Die obere Fläche der Bogen ist eben, sie geht parallel mit den Stufen und tritt etwa 6 cm über dieselben vor, wie dies bei ss′, Fig. 3, zu ersehen ist. Da den Tritten auf den bogenförmigen Wangen eine schiefe Ebene von 6—9 cm Breite als Auflager dargeboten ist, so muß jeweils der erste Tritt eines Treppenarmes auf dem darunter liegenden Bogen angebolzt werden und etwa 3 cm unter die Podestfläche reichen, damit kein Verschieben der Stufen stattfinden kann. Die Kreuzgewölbe sind flach anzuordnen, damit die Schlußsteine, an die sich die Bogen anlehnen, nicht zu lang werden.

Bei eleganteren Ausführungen endigen häufig die ersten Trittstufen und die Zargen in Form von Voluten, Fig. 1025. Hier bildet das runde Ende der Stufe eine Evolvente, deren Evolute ein Sechseck ist und wie folgt konstruiert wird.

Man wähle Punkt d in gerader Linie mit einer Stufenkante, etwa IV, und mache hd = gh gleich der Wangenbreite, Winkel hdc = 60°; cd = hd, ferner $ac = \frac{1}{4}cd$ und $ab = \frac{1}{6}cd$, Winkel vaw = 60°, ae = cd, $a\alpha = a5$, Winkel $I\alpha a = 90°$. Teile e5 in 5 gleiche Teile und mache af gleich einem solchen Fünftel. Jetzt vollende man die beiden regulären Sechsecke abnopq und afiklm, ersteres mit der Seite ab, letzteres mit der Seite af. Die Bogen gv und hc haben ihren Mittelpunkt in d und die für die Bogen vw, wx, xy, yz, zβ und βc liegen in den Punkten a, q, p, o, n und b. Ebenso kann man die Bogen α5, 5u, ut und tt′ aus den Punkten a, f, i und k ziehen und nur für den noch fehlenden Bogen

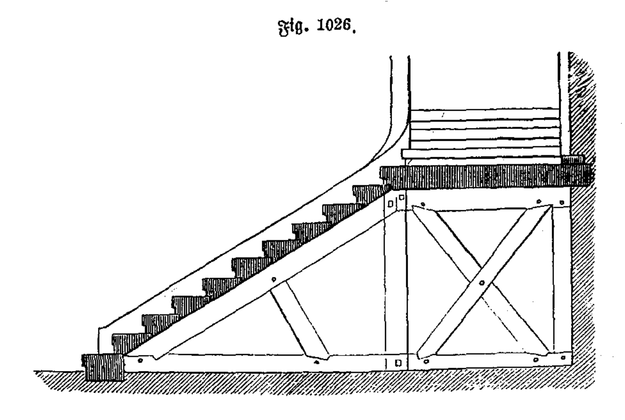
Fig. 1025.



t′h bestimmt man den Mittelpunkt dadurch, daß man die Gerade hd bis zum Durchschnitt r mit kt′ verlängert, welcher Punkt der verlangte ist. Der Anschluß der Stufen II und III erklärt sich aus der Figur.

Endlich sei in Fig. 1026 das Gerüst gezeichnet, dessen man sich bei der Herstellung von freitragenden Treppen bedient und dessen obere Fläche sich nach der Unterfläche der Treppe richten muß. Der Treppenlauf muß vom

Fig. 1026.

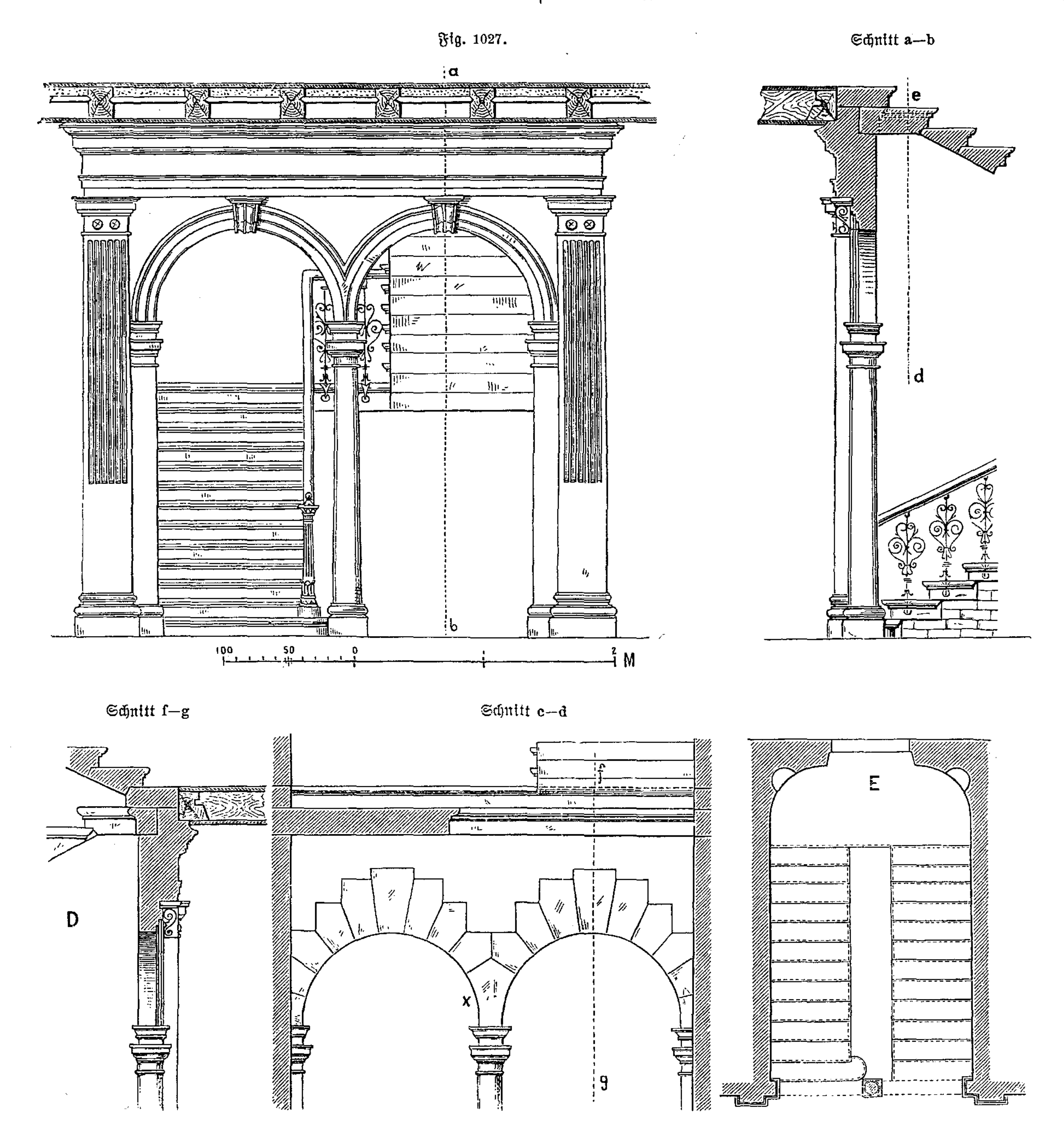


Antritt bis zum Austritt auf einmal eingerüstet und darf nicht eher ausgerüstet werden, bis die Mauern genügend hoch geführt sind und der Mörtel eine gewisse Konsistenz erlangt hat. Sind Wangen vorhanden, so werden zuerst die Stufen und die Podestplatten versetzt und dann die Wangen, von unten anfangend, seitwärts auf die Stirnen der Stufen gebracht. Die Fugen zwischen den Tritten, die nur 2—3 mm stark sind, sind sorgfältig mit einem rasch erhärtenden Mörtel zu füllen, der möglichst wenig schwindet. Das Einmauern der Stufen soll so geschehen, daß etwa je drei Backsteinschichten unter und über

den Trittköpfen mit gut bindendem Cementmörtel vermauert werden, um die Stufen so fest einzuspannen, daß nach dem Ausrüsten keine Bewegungen eintreten können.

Sind die Treppenmauern sehr hoch, wodurch sie sich auch beträchtlich setzen, so darf man die Einrüstung nicht stehen lassen, bis die Mauern fertig sind und sich gesetzt haben, sondern man muß von Zeit zu Zeit das Gerüst etwas nachlassen, nach Maßgabe der Senkung der Mauer, indem sonst die Stufen leicht abgedrückt werden, wenn sie sich nicht gleichmäßig mit dem Mauerwerk setzen können.

Fig. 1027.



In allen Fällen wird das Setzen des eingemauerten Teiles der Treppe infolge der Mauerlast ein größeres sein als am freien Ende, wo die Tritte nur ihre eigene Last zu tragen haben, und verhältnismäßig geringe Pressungen erleiden. Deshalb werden die Tritte so versetzt, daß die Auftrittsfläche von der Mauer gegen das freie Ende hin um etwa 1—2 mm fällt (nicht umgekehrt, wie vielfach angegeben wird), so daß nach dem Setzen des Mauerwerks die Stufen wagerecht liegen.

Sind bei freitragenden Treppen die über den Stufen ruhenden Mauerlasten gering und zur Sicherung der Konstruktion unzureichend, so muß ähnlich wie bei den Hauptgesimsen und Erkern eine Verschlauderung aus ⊔-Eisen

und Rundstangen eingelegt und der unter dem Lauf befindliche Mauerteil mit zur Belastung beigezogen werden.

Schließlich fügen wir in Fig. 1027 einen architektonisch durchgebildeten Abschluß eines Treppenhauses gegen den Vorplatz bei, der keiner weiteren Erörterung bedarf.

Der Gewinn ist ein Hohlraum, der dem Lichte Zugang giebt und eine Anzahl hübscher Durchsichten bietet." [1])

Fig. 1029 zeigt eine unterstützte Wendeltreppe im Grundriß und Durchschnitt. Spindel und Umfassungsmauern bestehen aus Werksteinen und sind mit dem Widerlager für das schraubenförmig steigende Ringgewölbe versehen, auf dem die Stufen aufruhen.

Fig. 1028.

§ 9.

Wendeltreppen mit voller und hohler Spindel.

Steinerne Wendeltreppen finden sich in den neueren Bauwerken selten; sie werden gewöhnlich nur zu Lauf- und Nebentreppen und wegen Raummangels oder infolge besonderer Verhältnisse angelegt, während sie sich in mittelalterlichen Bauten fast ausschließlich und in Renaissancebauten bis gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts häufig finden, und teilweise nicht nur eine vortreffliche Technik, sondern vielfach auch eine reizende formale Durchbildung zeigen. [1])

Der Grundriß dieser Treppen ist in der Regel kreisförmig, Fig. 956 u. 959, doch finden sich auch Wendeltreppen mit ovalem Grundriß, Fig. 957 (Palazzo Barberini in Rom), ebenso mit quadratischer, sechseckiger achteckiger und noch anders gestalteter Form.

Wir unterscheiden Wendeltreppen mit voller Spindel, Fig. 959, und solche mit hohler Spindel, Fig. 956. Die einfachen und kleinen Treppen erhalten volle Spindeln, die größeren und reicher durchgebildeten gewöhnlich eine hohle Spindel, und bei den reichsten oft noch Säulen auf den Wangen. Fig. 1028 zeigt eine solche aus dem Schlosse zu Mergentheim, 1524 erbaut, die zu den größten Prachtstücken der deutschen Renaissance gehört (siehe auch Fig. 967).

„Praktische und ästhetische Gründe leiten zur Bildung der hohlen Spindeln. Je größer eine Treppe ist, um so mehr Stufen wird ein Umgang haben, und um so spitziger wird also der innere Teil der Stufen sein. Bei einer Teilung des Kreises in mehr als zwanzig Auftritte hört bei voller Spindel für das innere Viertel des Laufes die Begehbarkeit auf. Nichts zweckmäßiger, als die Stufen da abzuschneiden, wo sie aufhören, ihren Zweck zu erfüllen.

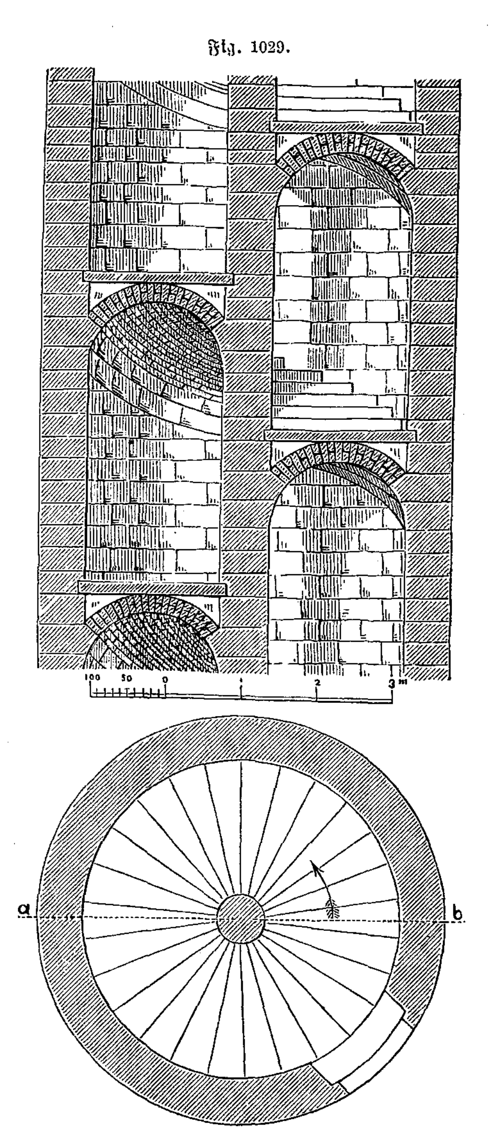
Derartige Ausführungen sind selten; in der Regel bilden die Stufen Lauf und Decke zugleich. Die einfachsten Anordnungen zeigen Fig. 1030 u. 1031, bei denen die aufeinander gesetzten Tritte die Spindel bilden, die etwa 18—24 cm Durchmesser ($^1/_{16}$—$^1/_{12}$ des Treppendurchmessers) besitzt. Bei Fig. 1030 bilden die vorderen und hinteren Kanten der Stufen Tangenten an die Spindel; der Ausschnitt aus den Stufen in der Nähe der Spindel

1) Wir verweisen auf das ausgezeichnete Werk: Rauscher, Der Bau steinerner Wendeltreppen u. s. w., Berlin 1889, das eine große Anzahl sorgfältig aufgenommener Wendeltreppen enthält.

1) Rauscher, S. 2.

hat nur deren Auszeichnung zum Zweck, was in Fig. 1031 dadurch bewerkstelligt wird, daß man zwei Kreise von verschiedener Größe annimmt, deren Durchmesser kleiner sind als die der Spindel, worauf man an den größeren Kreis die vorderen, an den kleineren dagegen die hinteren Kanten der Tritte tangential zieht. Je kleiner man den Hals a, Fig. 1031, macht, um so mehr wird sich die Spindel

Fig. 1029.



auszeichnen, um so leichter wird aber auch das Spindelstück abbrechen können, weshalb man nicht viel über das in unserer Figur angegebene Verhältnis hinausgehen sollte.

Die Spindel kann auch in Säulenform durchgebildet sein, Taf. 87, oder profiliert werden, Fig. 1032 u. 1038, in welchem Fall sich die sämtlichen Profillinien schraubenförmig um die Cylinderachse winden.

Der rechteckige Stufenquerschnitt, wie er in Fig. 1030 u. 1031 angenommen ist, findet sich selten; meist wird die

Fig. 1030. Fig. 1031.

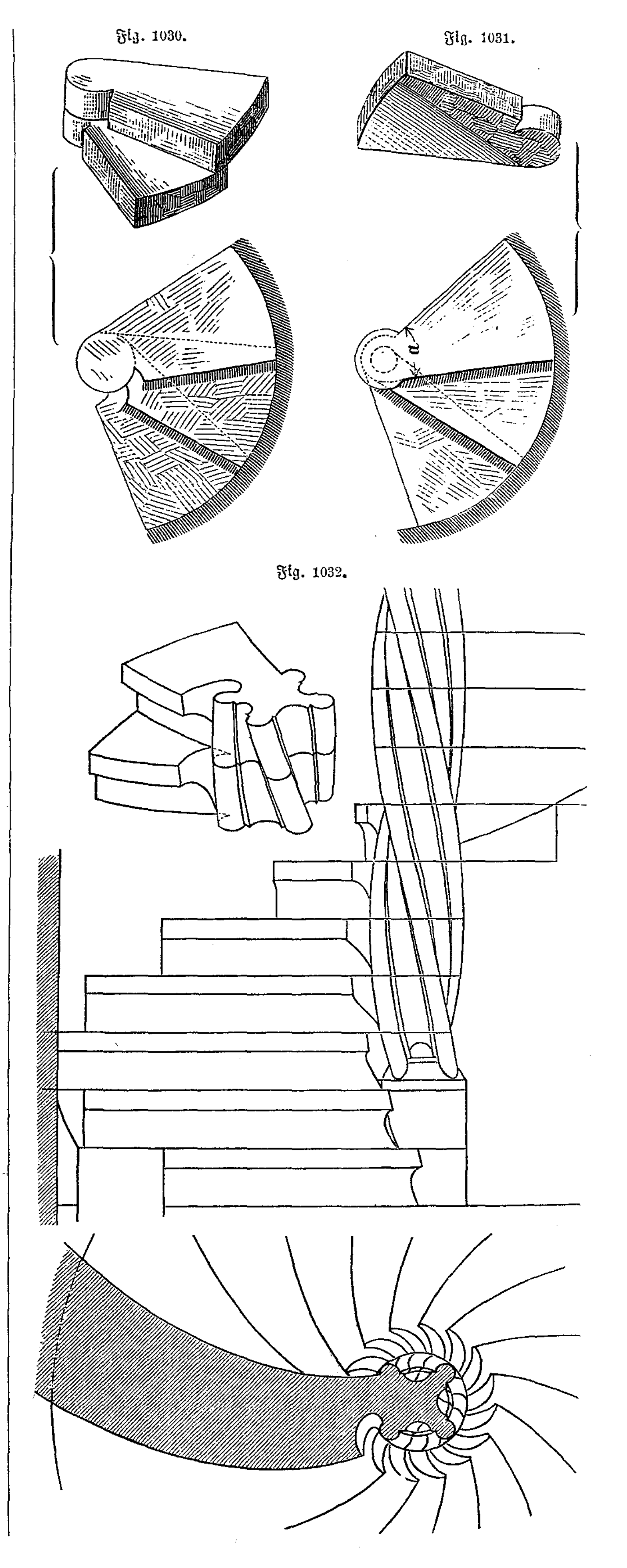
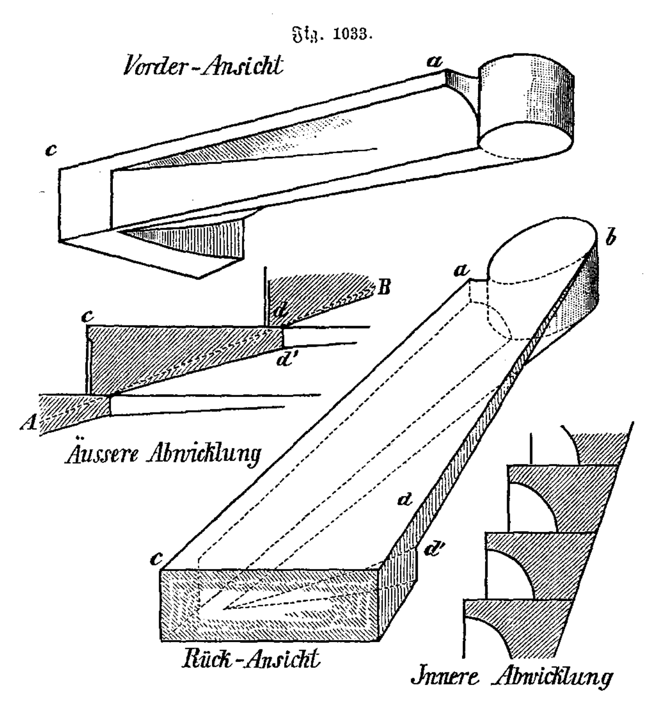


Fig. 1032.

Unterseite der Stufen abgeschrägt, um in der Untersicht die Schraubenfläche zur Geltung zu bringen und die lichte

Fig. 1033.



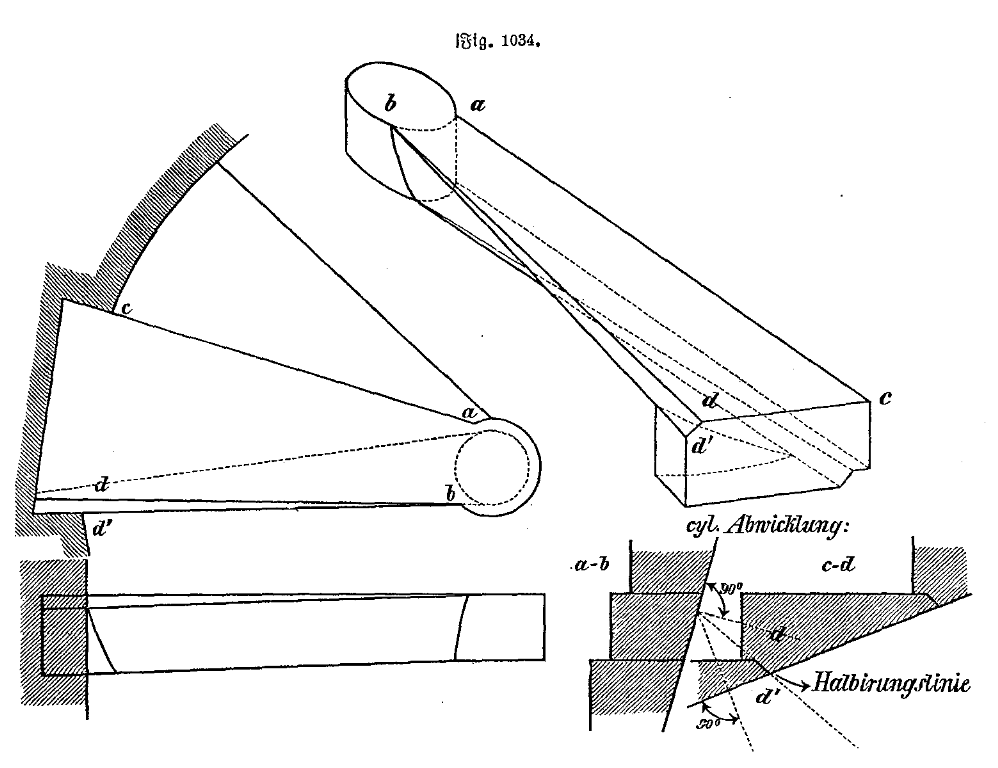
Höhe zu vergrößern. Dabei erhält der Stufenquerschnitt zwischen Mauer und Spindel nahezu die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks, c d A, Fig. 1033, wogegen der eingemauerte Teil der Stufe sowohl wie der Spindelkopf den vollen rechteckigen Querschnitt behalten, um die Stufen gut lagern zu können.

Diese Anordnung ergiebt in der Nähe der Treppenhausmauer wegen der flachen Steigungslinie daselbst an der Hinterseite der Stufen sehr spitze Kantenwinkel, c d A, die schwer auszuarbeiten sind und leicht abgedrückt werden. Wir finden deshalb bei vielen Treppen die einfache Kante durch eine lotrechte Abfasung d d' ersetzt, die gegen die Spindel hin in Dreiecksform in der Spitze b ausläuft, Fig. 1033. Vorne erhalten die Stufen oft nur ein glattes Haupt, Fig. 1030 u. 1031. Will man aber die Benutzbarkeit des Laufes annähernd auf seine ganze Breite ausdehnen, so muß das vordere Haupt gegen die Spindel hin unterschnitten werden, wie dies Fig. 1033 deutlich zeigt. Diese Unterschneidung endigt entweder in dem Ausschnitt, der die Stufenvorderfläche von der Spindel trennt, Fig. 1032 u. 1033, oder sie wird von dieser durch einen rippenartigen Ansatz geschieden, der im Zusammenhang der Stufen als schraubenförmig steigender Steg die Spindel umzieht, von der er durch eine Rinne getrennt ist, Fig. 1038 und Taf. 87.

Dabei sind die Vorderkanten der Stufen in der Regel geradlinig, und nur ausnahmsweise kommen sichelförmig gestaltete Stufen zur Ausführung, Fig. 1032, wodurch die Begehbarkeit der Treppe nicht erleichtert, ihr Aussehen aber ein stattlicheres und gefälligeres wird.

Bei der Anordnung, Fig. 1033, bildet die Untersicht keine zusammenhängende Schraubenfläche, sondern sie ist treppenförmig gebrochen. Soll die Schraubenfläche nicht unterbrochen, sollen aber die spitzen Kantenwinkel vermieden werden, so ist die Lagerfuge falzartig zu gestalten, Fig. 1034, indem man die Abfasungsfläche b d d' nicht lotrecht, sondern geneigt stellt und sie von der nächsten Stufe überdecken läßt. Die Neigung wird am einfachsten derart bestimmt, daß man die Kreisabschnitte a b und c d abwickelt, die Normalen auf die beiden Steigungslinien errichtet, den Winkel halbiert, den diese Normalen zwischen sich einschließen und d d' parallel dieser Halbierungslinie zieht. Wird diese Dreiecksfläche, die eine ebene Fläche bildet, von der nächsten Stufe gedeckt, so ergiebt sich eine ununterbrochen steigende Untersichtsfläche, in der die Fugenkanten d'b als schräge

Fig. 1034.

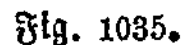


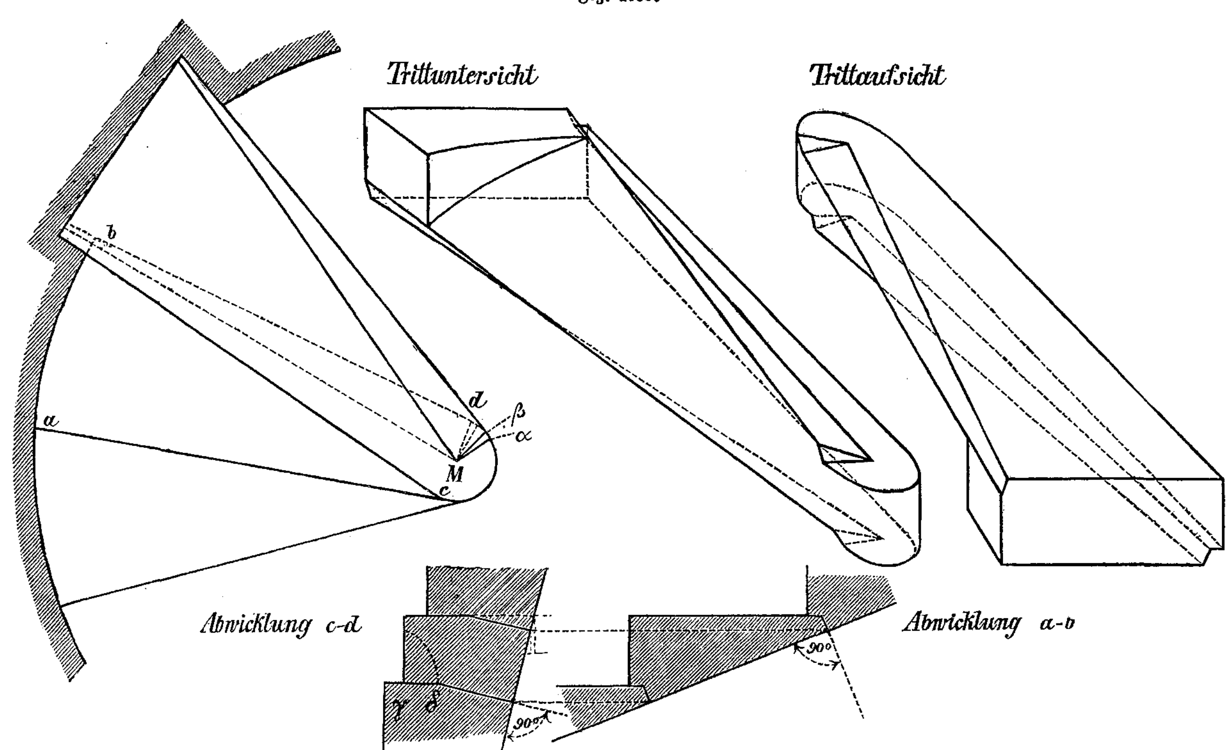
von der Mauer gegen die Spindel steigende Linien erscheinen.

Auf Taf. 86 ist eine Wendeltreppe mit hohler Spindel dargestellt, bei der die Stufen in der soeben besprochenen Weise gebildet sind. Die Wange, die die hohle Spindel bildet, ist an die einzelnen Stufen angearbeitet und profiliert, so daß die einzelnen Profillinien die Treppenhausachse in schraubenförmigen Windungen umziehen. Form und Konstruktion ist aus den gegebenen Zeichnungen, in allen Teilen zu entnehmen.[1])

normal auf die Hinterkante gezogen wird, während die Linien $\alpha\beta$ in ihrer Zusammensetzung Teile der entsprechenden Schraubenlinie bilden, Fig. 1036. Diese windschiefe Fläche ist etwas schwierig zu bearbeiten, und die verbleibende horizontale Überdeckung $\gamma\delta$, Fig. 1035, der Stufen zunächst der Spindel wird ziemlich schmal, so daß die Vorderflächen nur wenig unterarbeitet werden können.

In der Regel bildet deshalb die Schrägfuge eine ebene Fläche, Fig. 1037, deren Richtung nach der in Fig. 1034 bereits mitgeteilten Weise ermittelt wird.


Fig. 1035.



In den meisten Fällen wird es sich empfehlen, den Falz, mit dem sich die Stufen aufeinander setzen, gegen die Spindel hin nicht auslaufen zu lassen, sondern auf die ganze Stufenlänge beizubehalten, um die immerhin spitzen und leicht abbrechenden Kanten in der Nähe der Spindel zu vermeiden, und um horizontale Fugen in der Untersicht zu erhalten.

Die Schrägfuge kann windschief oder eben sein. Geht man davon aus, daß der schräge Stoß in allen abgewickelten Querschnitten normal zur abgeschrägten Unterseite steht, so ergeben sich windschiefe Schrägfugen, Fig. 1035, die mit Hilfe der Abwickelungen längs der Mauerflucht und der Spindel zu bestimmen sind; sie endigen in dem Spindelkopf, der eine ebene Lagerfläche erhalten muß, gewöhnlich in einer schrägen dreieckigen Fläche, die derart bestimmt wird, daß M α durch den Spindelmittelpunkt

Taf. 87 zeigt eine solche Treppe, bei der die Tritte mit geraden Schrägfugen versehen sind; die Spindel ist in Säulenform durchgebildet.

Schließlich geben wir in Fig. 1038 den Teil einer Spindeltreppe, bei der die Spindel reich profiliert und von einem Steg m umzogen ist, der die stark unterschnittenen Vorderflächen der Stufen von der Spindel trennt; zwei cylindrische Abwickelungen m und n zeigen die Stufenquerschnitte mit ihren ebenen Schrägfugen.

Wendeltreppen oder gewendelte Treppen mit offener Spindel können mit oder ohne Zargen angelegt werden.

Wir geben zunächst auf Taf. 88 eine solche mit Zarge, und zwar in Fig. 1 in der Ansicht, wobei man sich die halbe Treppenhausmauer entfernt denken muß, und in Fig. 2 im Grundriß. Die beiden Seiten der Zarge sind in den Fig. 3 u. 5 verstreckt dargestellt, während Fig. 4 die Verstreckung der Stufen an der Treppenhaus-

1) Nach Rauscher, a. a. O.

mauer zeigt, mit der vollen Steinstärke. Fig. 6 u. 7 geben Fig. 5 in größerem Maßstab. Die Zarge ist, wie Fig. 7 zeigt, der Einfachheit der Darstellung wegen kantig angenommen. Zur Bestimmung der Stoßfugen der Zargenstücke werden von einem beliebigen Punkte m, Fig. 3, Perpendikel auf die verschiedenen Richtungen der Zargenfläche gezogen, und der Winkel halbiert, welchen sie einschließen. Mit der Halbierungslinie parallel wird nun b d, Fig. 3 u. 5, angenommen, wobei die Stoßfläche auf der Mittellinie der Zarge senkrecht steht. Soll die Falzfläche

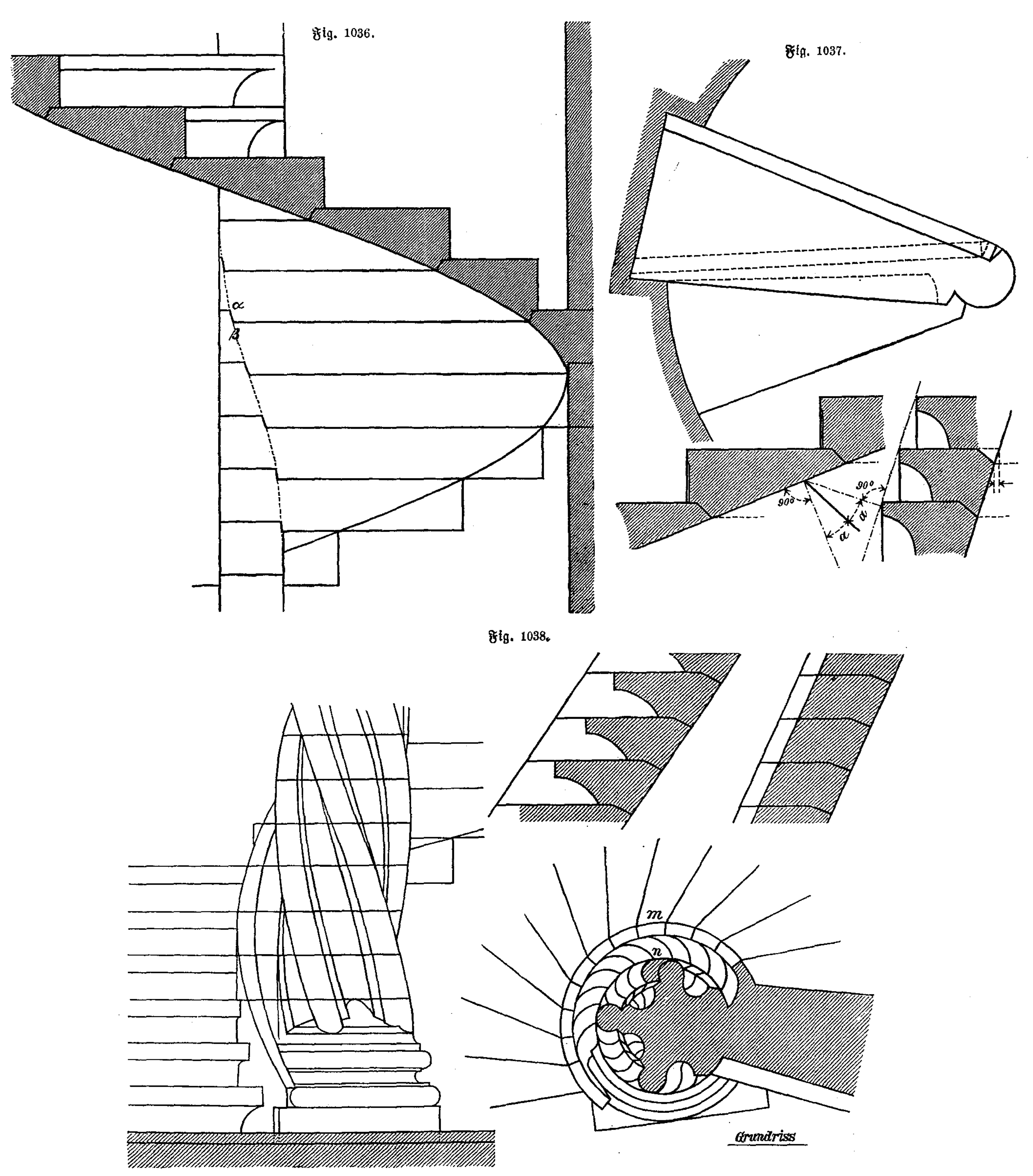


Fig. 1036.

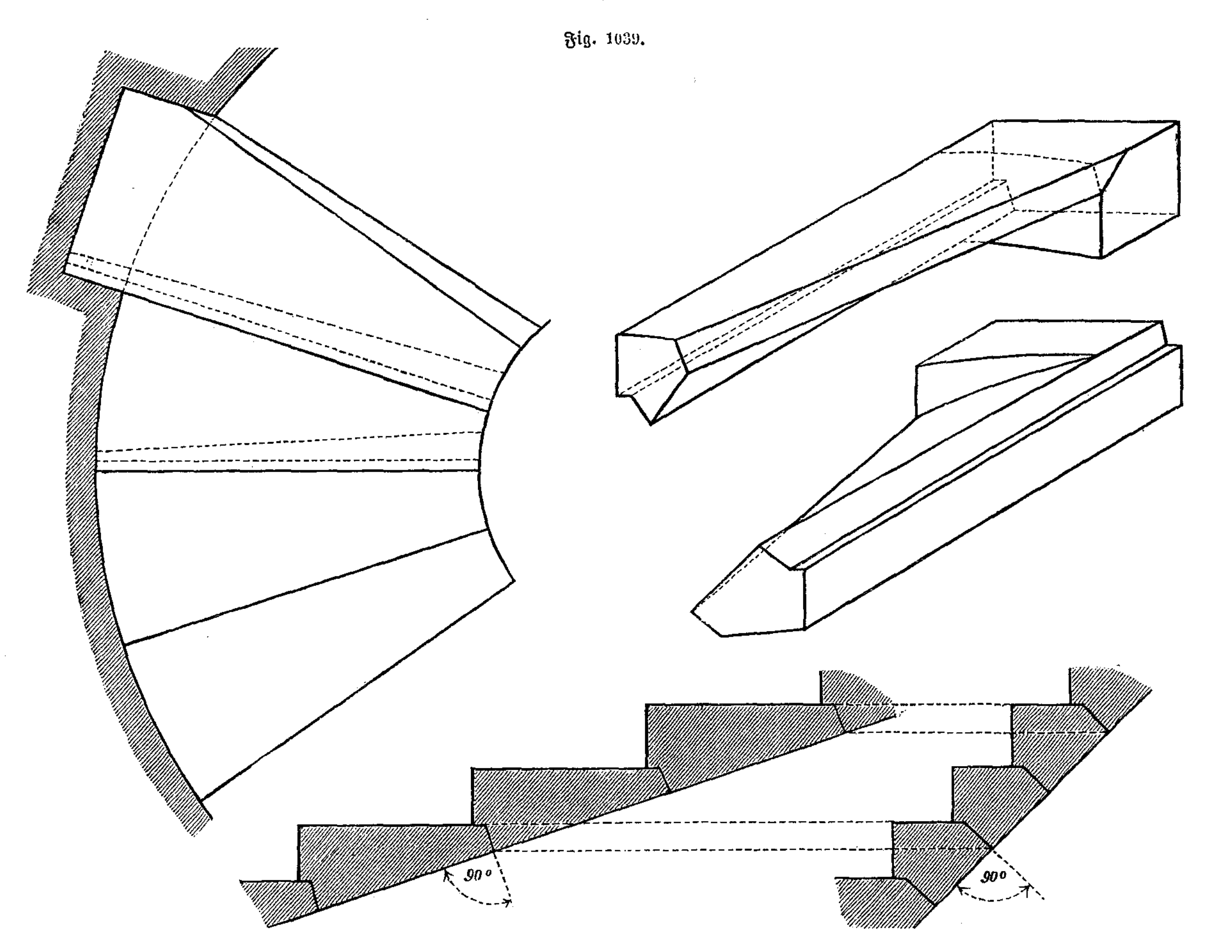
Fig. 1037.

Fig. 1038.

o p, Fig. 6, eine ebene und keine windschiefe Fläche bilden, so wird ihre Richtung in ähnlicher Weise gefunden, indem von einem beliebigen Punkte n aus Senkrechte gezogen werden auf die innere und äußere Verstreckung der Stufen. Halbiert man wieder den Winkel, den diese Senkrechten bilden, so ist die Richtung der Falzflächen o p gefunden. Bezüglich der Konstruktion der Zargenstücke beziehen wir uns auf die Taf. 90 u. 91 gegebene Konstruktion.

Auf Taf. 89 geben wir eine solche gewendelte Treppe mit Wangen nach halbkreisförmigem Grundriß. Was zunächst den Fugenschnitt der Stufen anbelangt, so werden die Hinterkanten der Auftrittsflächen entweder in centraler Richtung gezogen, Taf. 89, Fig. 1 und Taf. 91, Fig. 4 u. 5, oder sie werden in einer mit der Vorderkante der zunächst höher liegenden Stufe parallelen Richtung geführt, Fig. 1039. Die Stoßfugenflächen, mit denen sich die Stufen gegeneinander stützen, können windschief sein, wie dies in den Zeichnungen angenommen ist, oder sie können ebene, normal auf der mittleren Steigungslinie stehende Flächen bilden, wie dies im vorhergehenden ausführlich erläutert wurde.

Fig. 1039.



Was die Treppenwangen anbelangt, so ist zuerst nach dem vorhandenen Material eine schickliche Größe der einzelnen Stücke zu wählen, wobei man gern alle Stücke gleich groß macht, weil dann die für eins derselben gezeichneten Schablonen auch für alle übrigen brauchbar sind. Ist die Größe und der Querschnitt, d. h. die Höhe und Breite der Wangenstücke festgesetzt, so kommt es zunächst darauf an, die Stoßfugenfläche, mit welcher diese aneinander stoßen, näher zu bestimmen. Eine Ebene ist von allen Flächen am leichtesten zu bearbeiten; man wählt daher auch eine solche für die Stoßfugenflächen und zwar unter der Bedingung, daß sie auf der Schraubenlinie normal steht, welche der Mittelpunkt des als Rechteck gedachten Querschnitts der Wange beschreibt, weil auf diese Weise zu scharfe Kantenwinkel vermieden werden.

Um diese Stoßfugen in die Horizontalprojektion der Wangen einzuzeichnen, und überhaupt um die für die Anfertigung der Wangenstücke aus dem möglichst kleinsten Steine notwendigen Schablonen aufzutragen, kann man auf folgende Weise verfahren. Man zeichne, Fig. 1, Taf. 90, die Wange in der Horizontalprojektion vorläufig unbegrenzt lang, ziehe darin eine mit dem „Grundschnitt" beider Projektionsebenen parallele Sehne A B und entwerfe einen Teil der Wange in der Vertikalprojektion, Fig. 2. In dieser liegen die Punkte f und l, in welchen

die inneren und äußeren Kantenlinien der Wange sich durchschneiden, in der auf der Mitte von A B errichteten Senkrechten C D. Von der Mitte von f l aus zeichne man die Vertikalprojektion G T einer Tangente an die mittlere Schraubenlinie im Punkte T. Denkt man sich nun in diesem Punkte die Stoßfugenebene die Wange schneidend, so wird dieser Schnitt als eine gerade, auf GT senkrecht stehende und durch T gehende Linie sich darstellen, und es läßt sich die Horizontalprojektion dieses Schnittes zeichnen. Da nun die Horizontalprojektionen aller solcher Schnitte kongruent sind, so darf man die in E, Fig. 1, gefundene Figur derselben nur da hinrücken, wo sie bezüglich der Länge des Wangenstücks ihren Platz findet, z. B. nach 1—2—3—4 und 5—6—7—8, Fig. 1. Alsdann vollende man die Vertikalprojektion des Wangenstücks, indem man die Stoßfugenflächen aus dem Grundriß aufwärts projiziert.

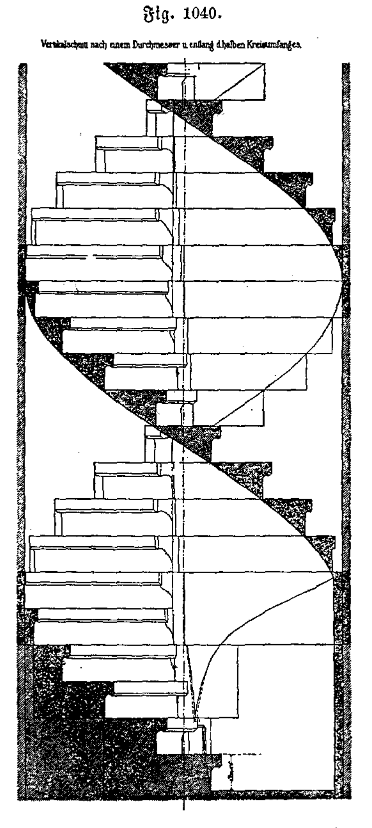
Denkt man sich ferner die vertikale Projektionsebene durch zwei auf ihr senkrecht stehende und mit der Steigungslinie der Treppe ungefähr parallele Ebenen geschnitten, deren Schnittlinien mit der vertikalen Projektionsebene die Linien X Y und V W, Fig. 2, darstellen mögen, so kann man die Projektionen des Wangenstücks auf diese Ebenen mit Hilfe von Fig. 1 finden und in die vertikale Projektionsebene niederklappen. O und P sind die Projektionen, die einander gleich sein müssen, nur entgegengesetzt liegen, so daß nur eine derselben gezeichnet zu werden braucht, welche als Schablone sowohl für die obere als untere Fläche des Wangenstücks gebraucht werden kann. Hier sind beide gezeichnet, um die ganze Operation deutlicher zu machen.

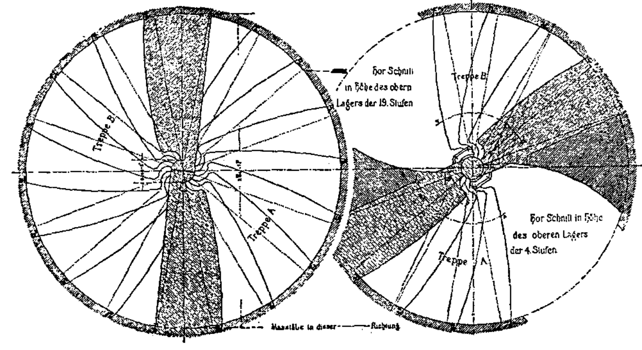
Es ist nun leicht ersichtlich, daß das fragliche Wangenstück mit Hilfe der Schablonen O und P aus einem parallelepipedischen Steinblocke gefertigt werden kann, dessen drei Abmessungen, Länge, Breite und Höhe durch die Linien V W, f′ f″ und V X, Fig. 2, bezeichnet sind.

Ist in Fig. 1, Taf. 91, ein solcher Block dargestellt, so kommt es nur darauf an, die Schablonen richtig anzulegen. Dies geschieht mit Hilfe eines Schrägmaßes, indem man dasselbe nach dem Winkel α, Fig. 2, Taf. 90, stellt und diesen auf den Steinblock, Fig. 1, Taf. 91, überträgt. Zieht man dann auf der geebneten Oberfläche desselben die Linie f′ f″ und legt die Schablone O so an, daß sich die Linien f′ f″ decken, so wird diese richtig liegen. Die Linie f″ m″, Fig. 1, Taf. 91, giebt nun das Hilfsmittel zur richtigen Anlage der Schablone P, indem man m″ m′ wieder senkrecht auf die Kante X′Y′ zieht und die Schablone P so anlegt, daß die Linie m′ m″, Fig. 2, Taf. 90, auf m′ m″, Fig. 1, Taf. 91, fällt; denn gerade die richtige Lage beider Schablonen gegeneinander ist es, worauf es ankommt.

Nach diesen Schablonen wird nun ein Cylinderstück bearbeitet, wie Fig. 2, Taf. 91, ein solches zeigt, und auf den Mantelflächen desselben die, alle mit e′ l′ parallelen Linien d′ k′, f′ m′, h′ o′ . . . c′ i′, g′ n′ u. s. w. gezogen, welche sämtlich Mantellinien des Cylinders sind. Auf diesen werden nun die Punkte 2, a, c, e, g, 6; d, k, f, h, 5 u. s. w. aus Fig. 2, Taf. 90, bestimmt, indem man z. B. das Maß f′ f aus Fig. 2, Taf. 90, von f′ nach f, Fig. 2, Taf. 91, und von e′ nach e u. s. w. trägt und dann mittels eines biegsamen Lineals die Punkte d f h . . . und a c e . . . zusammenzieht, wodurch die krummen Linien 2 e 6, 4 l 8, 1 f 5 und 3 m 7, Fig. 2, Taf. 91, entstehen, nach welchen

Fig. 1040.





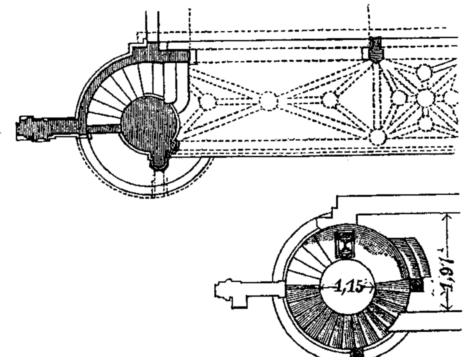
das Wangenstück endlich selbst gefertigt werden kann. Fig. 3, Taf. 91, zeigt dasselbe bis auf die zum Einlassen der Stufen nötigen Vertiefungen vollendet.

Es ist leicht ersichtlich, daß die hier beschriebene Operation behufs Anfertigung eines krummen Wangenstücks auch für die mit Hilfe der Fig. 3 u. 4, Taf. 84, beschriebene Methode der Darstellung eines Krümmlings substituiert werden kann.

Da bei der Taf. 89 dargestellten Treppe Wandwangen vorgesehen sind, so muß der Querschnitt der Wangen nach der Linie a b, Fig. 1007, angenommen werden, um ein Einstreifen der Tritte zu ermöglichen. In der Regel werden derartige Treppen jedoch ohne Wangen ausgeführt, da deren Herstellung mit großen Schwierigkeiten und Kosten verbunden ist; auch sind solche Wangen aus statischen Gründen nicht erforderlich, da diese Treppen ohne weiteres als freitragende Konstruktionen hergestellt werden können, wie eine solche in Fig. 1039 dargestellt ist, die weiterer Erläuterungen nicht mehr bedarf.

Fig. 1040 a.





Schließlich mag noch angeführt werden, daß man auch doppelte Wendeltreppen mit voller Spindel ausgeführt hat, wie im nordöstlichen Treppenturme des Münsters in Straßburg, an der Kobolzeller Kirche in Rothenburg a. T. und in der Georgskirche in Nördlingen, Fig. 1040.[1]) Hierbei sind in demselben Treppenhause zwei vollständig gleiche und gleichlaufende Treppen so eingebaut, daß jede in dem Lichtraum der andern in halber Höhe eingelegt ist. Die Spindel ist jeweils für zwei auf gleicher Höhe liegende Stufen gemeinschaftlich.

Selbstverständlich können derartige Doppeltreppen auch bei allen andern Anlagen angeordnet werden, sobald die erforderlichen Höhen zur Verfügung stehen.

Tritt an Stelle der Spindel ein genügend kräftiger Pfeiler, so kann die Wendeltreppe auch freitragend nach Fig. 1040a — aus der Kirche St. Etienne du Mont in Paris — ausgeführt werden.[2])

B. Treppen aus künstlichem Material.

§ 10.

I. Backsteintreppen.

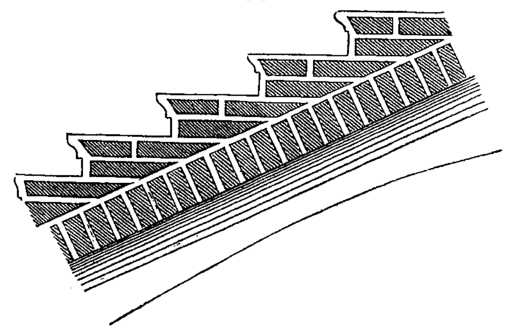
Die Konstruktion der feuerfesten Treppen aus Backsteinen und schnellbindendem Cementmörtel kann auf verschiedene Arten erfolgen, und zwar:

a) Auf Unterwölbung.
b) Unmittelbar auf Rüstung und Schalung.
c) In besonderen Formen.

a) Backsteintreppen auf Unterwölbung.

Nachdem die in § 6 dieses Kapitels besprochenen Unterwölbungen der Läufe und Podeste ausgeführt sind,

Fig. 1041.



können die Stufen, statt in Werksteinen, auch in Backsteinen mit Cementmörtel ausgeführt werden:

1. Durch stufenförmige Mauerung flachliegender Backsteinschichten, Fig. 1041.

---

1) Rauscher, a. a. O. Siehe auch: Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. Heft, S. 82.

2) Monuments historiques.

2. Durch Backsteinrollschichten; da indessen in der Regel durch eine Backsteinbreite die notwendige Stufenhöhe nicht erreicht wird, so wird noch eine Backsteinflachschicht unter die Rollschicht gelegt.

Fig. 1042.

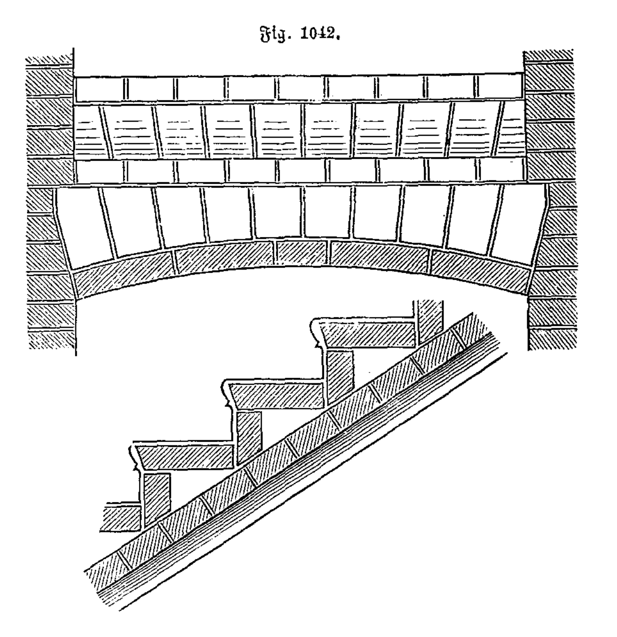
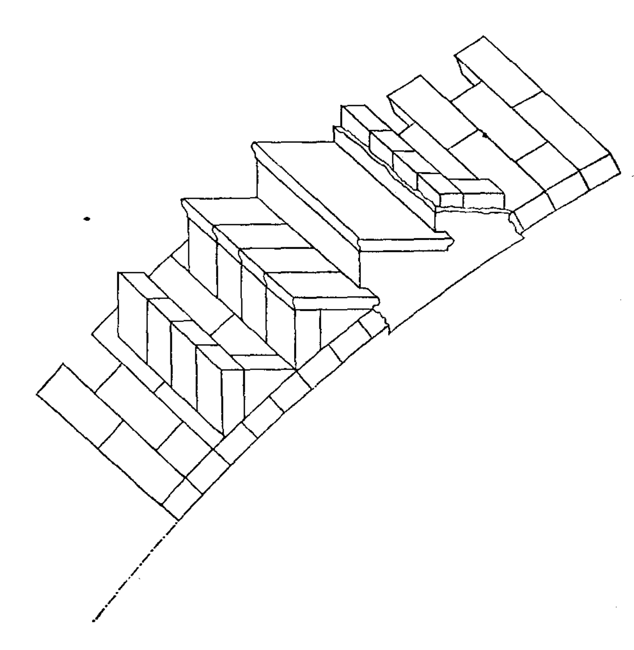


Fig. 1043.



3. Durch Hohlmauern der Stufen, indem man die Steine entweder mit centralen Stoßfugen nach Fig. 1042, oder mit senkrechten Stoßfugen nach Fig. 1043 auf die Unterwölbung setzt und hierauf die Decksteine legt.

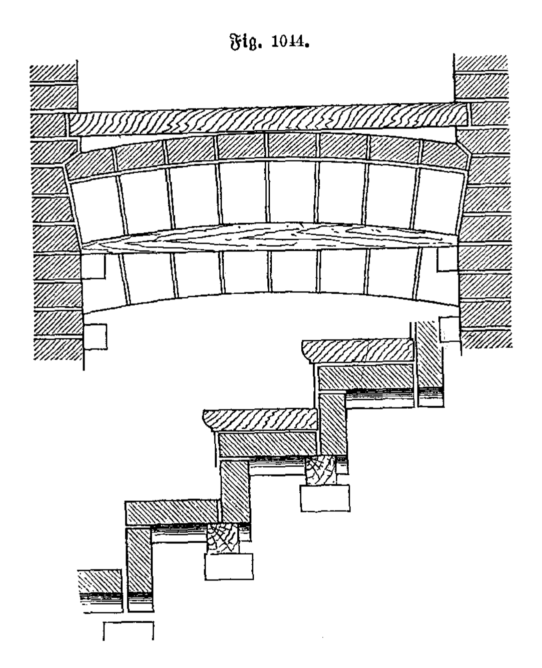
Auftritt und Vorderhaupt dieser Backsteinstufen werden bisweilen mit einem Cementputz überzogen, der jedoch nur wenig dauerhaft ist. Am meisten angewendet und am besten ist es, die Backsteinstufen mit eichenen, 5—6 cm starken Bohlen abzudecken, die nach einer der in Fig. 982 angegebenen Konstruktionen mit dem Unterbau verbunden werden. Auch können Beläge von Sandstein-, Marmor- oder Schieferplatten verwendet werden.

Die Podeste der Treppen werden in allen Fällen in derselben Weise durchgebildet wie die Trittstufenflächen.

b) Backsteintreppen auf Rüstung und Schalung.

Statt diese Treppen auf einer vollständigen Unterwölbung auszuführen, kann man jede einzelne Stufe nach Fig. 1044 einwölben, wobei Setzstufen und Trittstufen flache Bogen und Kappen von Mauersteinen auf hoher Kante bilden, deren Breite und Höhe durch Auftritt und Steigung bedingt ist.

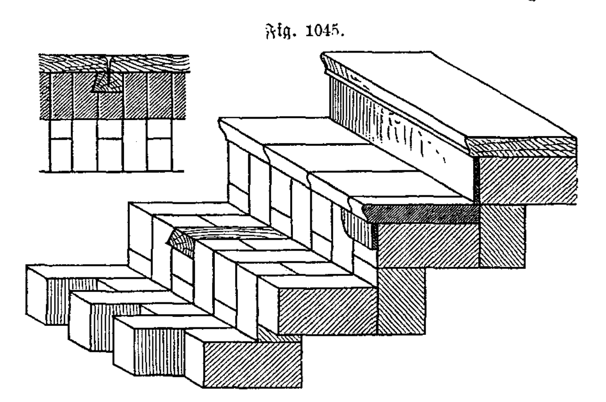
Fig. 1044.



Das Aufstellen der Rüstung und Einwölben erfolgt erst, nachdem sich die tragenden Mauern gesetzt haben; die Einrüstung wird am einfachsten auf vorgekragte Backsteine, die später abgehauen werden, aufgelegt. Die geringe $2^1/_2$—4 cm betragende Wölbung wird von oben mit Ziegelstücken in Cement, unten durch Putz ausgeglichen. Es empfiehlt sich, die Stufen mit Bohlen abzudecken, die einige Centimeter seitlich in die Mauern eingreifen, wodurch die Tragfähigkeit der Treppe wesentlich erhöht wird. Mit dem Einwölben der Stufen beginnt man von unten, während das Abdecken mit Bohlen, Platten oder Cementputz von oben erfolgt. Als Mörtel verwendet man am besten 1 Teil Cement und 2 Teile Sand. Das Ausrüsten der Stufen kann nach etwa 14 Tagen erfolgen, nachdem der Portlandcementmörtel gut erhärtet ist.

Man kann die Stufen auch ausführen, ohne ihnen der Länge nach Wölbung zu geben, wenn man sie nach Fig. 1045 mit lotrechten Fugen in gutem Verbande mit Cementmörtel vermauert. Die Stärke der Widerlagsmauern

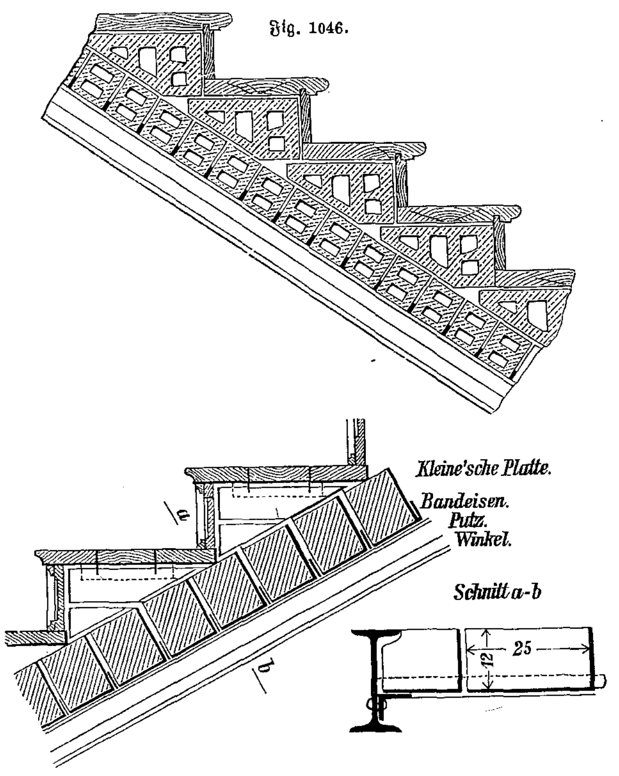
Fig. 1045.



ist von der Treppenbreite abhängig; für die gewöhnlichen Verhältnisse dürfte bei einer Laufbreite von 1,25—1,50 m eine Stärke von 2 Stein für die Umfassungsmauern, und von 1—1½ Stein für die Zungenmauer genügen.[1])

Sicherer und für bedeutende Laufbreiten und größere Belastungen lassen sich diese Backsteintreppen konstruieren, wenn zwischen Mauern oder Eisenträgern der Neigung der Treppe folgend eine tragende Steinplatte nach einer

Fig. 1046.

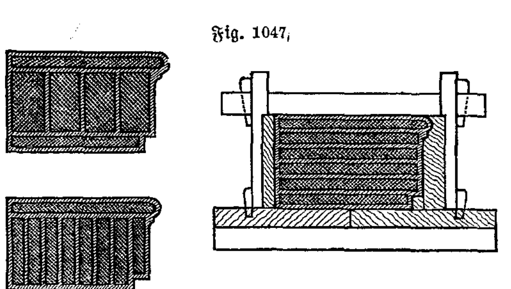


der in Kap. III, § 30 besprochenen ebenen Deckenkonstruktionen aus Backstein, Eiseneinlagen und Cementmörtel hergestellt und hierauf die Stufen aufgemauert werden. Fig. 1046 zeigt einige derartige Treppenkonstruktionen nach System Kleine.

c) Backsteintreppen mit geformten Stufen.

Diese Konstruktionen schließen sich jenen aus Werksteinen an, da die einzelnen Stufen in besonderen Formen gefertigt und dann versetzt werden, Fig. 1047.

Fig. 1047.



Die erforderliche Form besteht aus gehobelten Bohlen, die an den inneren Seitenwandungen mit Schweinefett bestrichen werden, um das Hängenbleiben des Mörtels zu verhindern. Die Form hat keinen Boden und keinen Deckel, und wird auf eine ebene Brettunterlage gesetzt, die vorher mit Makulaturpapier belegt worden ist. Auf diese Papierlage breitet man eine Cementmörtelschicht, ca. 2½ cm stark, aus 1 Teil Cement und 1 Teil Sand, in die man gut angenäßte Dachziegel (Biberschwänze) so eindrückt, daß sie von den Wänden der Form ca. 2—2½ cm abstehen. Hierauf folgt eine zweite Lage von Cementmörtel, dann eine im Verband eingelegte Dachziegelschicht, und so weiter, bis die Stufenhöhe erreicht ist; die oberste Cementmörtelschicht wird mit einem Streichbrett abgeglichen.

Nach Verlauf einiger Stunden wird die Form behutsam gelöst und die Tritt- und Steigungsfläche mit in reinem Wasser angemachten Cement und einer Stahlkelle geglättet. Nach vollständiger Erhärtung, was im Sommer in drei bis vier Wochen geschieht, können die Stufen versetzt werden. Eine auf diese Weise hergestellte Stufe von 2 m Länge, 31 cm Breite und 19 cm Höhe, 14 Monate alt und an beiden Enden frei aufliegend, war im stande, eine gleichmäßig verteilte Last von 1335 kg zu tragen.[1])

Statt der flach liegenden Dachziegelschichten können auch solche auf hoher Kante stehend, oder in Verbindung mit stehenden Backsteinschichten zur Herstellung von Stufen verwendet werden.

§ 11.

II. Treppen aus Cementbeton und nach System Monier.

Der Cementbeton kann zur Ausführung von Treppen entweder in der Weise verwendet werden, daß man die

1) C. A. Menzel, Der Steinbau. — Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 2. H.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, III. Bd., 2. H., S. 96.

einzelnen Stufen fertig herstellt und sie genau wie die Sandsteinstufen versetzt, oder man führt die Treppe im Treppenhause selbst auf besonderen Formgerüsten im ganzen auf. Zu diesem Behufe ordnet man am besten Wangenschienen an, die auf den schmiedeeisernen Podestbalken aufruhen und die oben treppenförmig abgesetzten Betonkappen zwischen sich aufnehmen, Fig. 1048 u. 1049. Es empfiehlt

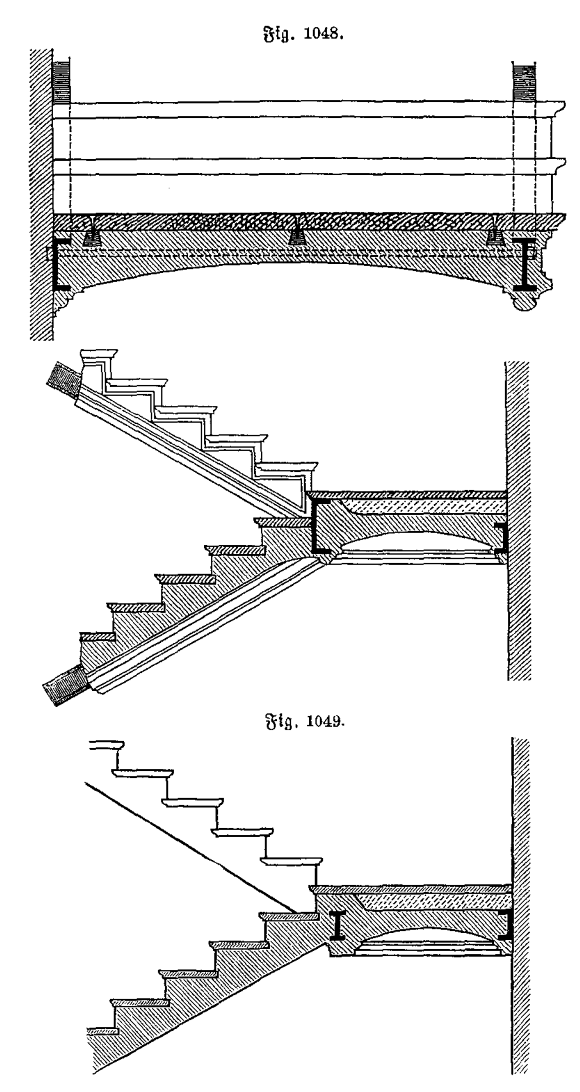


Fig. 1048.

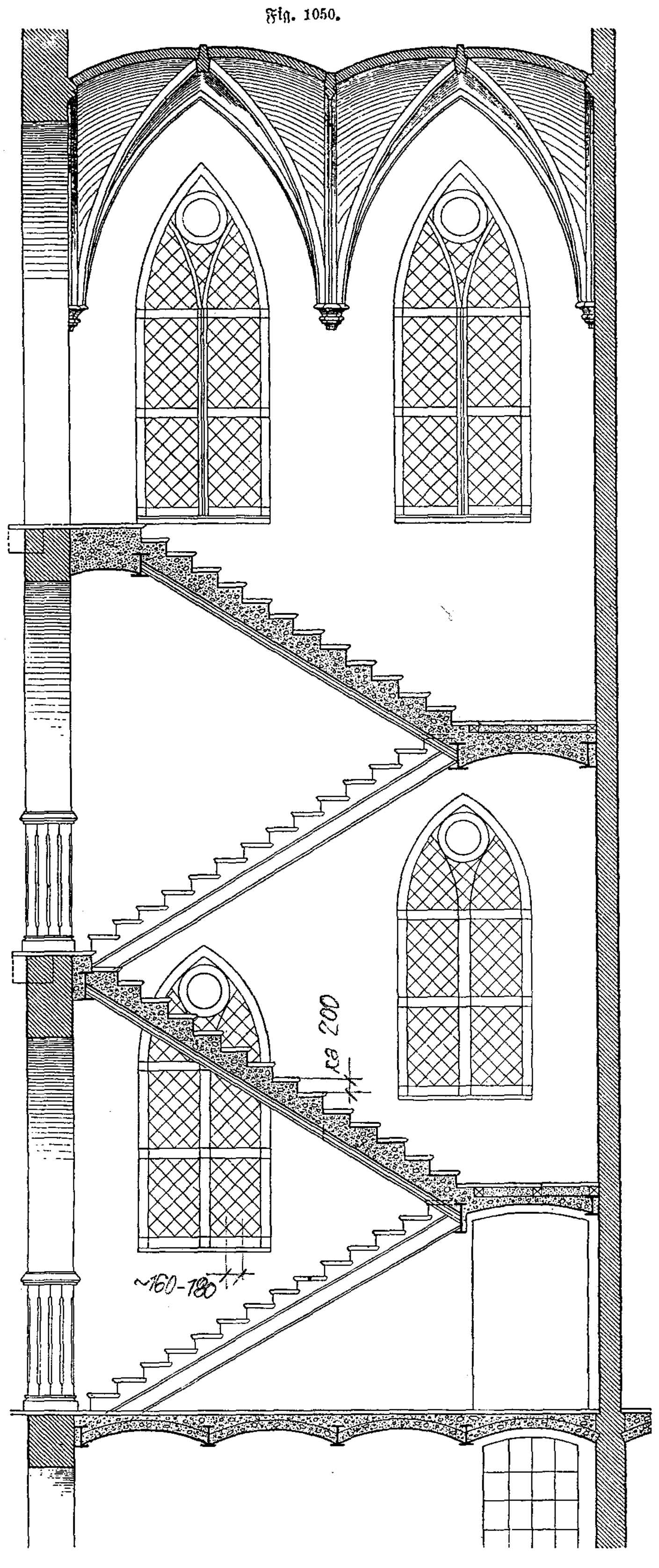
Fig. 1049.

sich, die Schienen vollständig in Beton einzubetten, um sie bei einem ausbrechenden Brande der unmittelbaren Einwirkung des Feuers zu entziehen, was zugleich die Ausbildung von Wangen und Unterzügen ermöglicht. Um ungleiche Senkungen, Risse und Sprünge in der Betonkonstruktion zu vermeiden, müssen auch längs der Umfassungsmauern des Treppenhauses Wangenschienen angeordnet werden, Fig. 1048.

Die Gesamtanordnung einer solchen Treppe zeigt Fig. 1050 aus dem Catharinäum zu Lübeck.[1])

1) Nach Handbuch der Architektur, III. Teil, III. Bd., 2. H., S. 99.

Fig. 1050.



Die aus Betonmasse gebildeten Stufen werden entweder mit Cement geglättet, in welchem Fall die Vorder-

Fig. 1051.

kanten durch Flach- oder Winkeleisen gegen Beschädigung zu schützen sind, Fig. 1051, oder sie erhalten einen auf Holzdübeln zu befestigenden Bohlenbelag, oder sie werden mit Marmor- oder Schieferplatten u. dergl. abgedeckt.

Solche Betontreppen sind wegen ihrer größeren Tragfähigkeit und Sicherheit, der geringeren Anlagekosten und wegen des leichteren und besseren Aussehens den Backsteintreppen bedeutend überlegen, die sie deshalb auch immer mehr verdrängen werden.

An Stelle der Betonkappen können auch solche nach System **Monier** zur Anwendung kommen, indem entweder die **Monier**-Kappen von Podestträger zu Podestträger, oder zwischen ansteigende Wangenschienen eingespannt werden; auf diese Kappen wird dann die stufenbildende Betonmasse aufgebracht und in entsprechender Weise abgedeckt.[1])

Als Beispiel geben wir die im Justizgebäude in Köln ausgeführte Treppenkonstruktion, Fig. 1052a bis 1052d, wozu wir bemerken, daß die schraffierten Teile in den Durchschnitten die gegliederte **Monier**-Kappe mit ihrer Ausfüllung in Schwemmsteinen, bezw. Konkretmasse und Backsteinen bezeichnen, während die Backsteingurtbogen und die Granitstufen hell gelassen sind.

Fig. 1052a.

Fig. 1052b.

Fig. 1052c.

Fig. 1052d.

§ 12.

Feuersicherer Abschluß des Treppenhauses unter dem Dache.

Bestehen die Umfassungsmauern des Treppenhauses aus feuerfestem Material, so hat man sein Augenmerk auch ganz besonders auf einen feuersicheren Abschluß des Stiegenhauses gegen das Dach zu richten, wenn nicht die Benutzbarkeit der Treppe bei einem ausbrechenden Brande in Frage gestellt sein soll.

Welche Ausführung auch die feuersichere Decke erhalten mag,

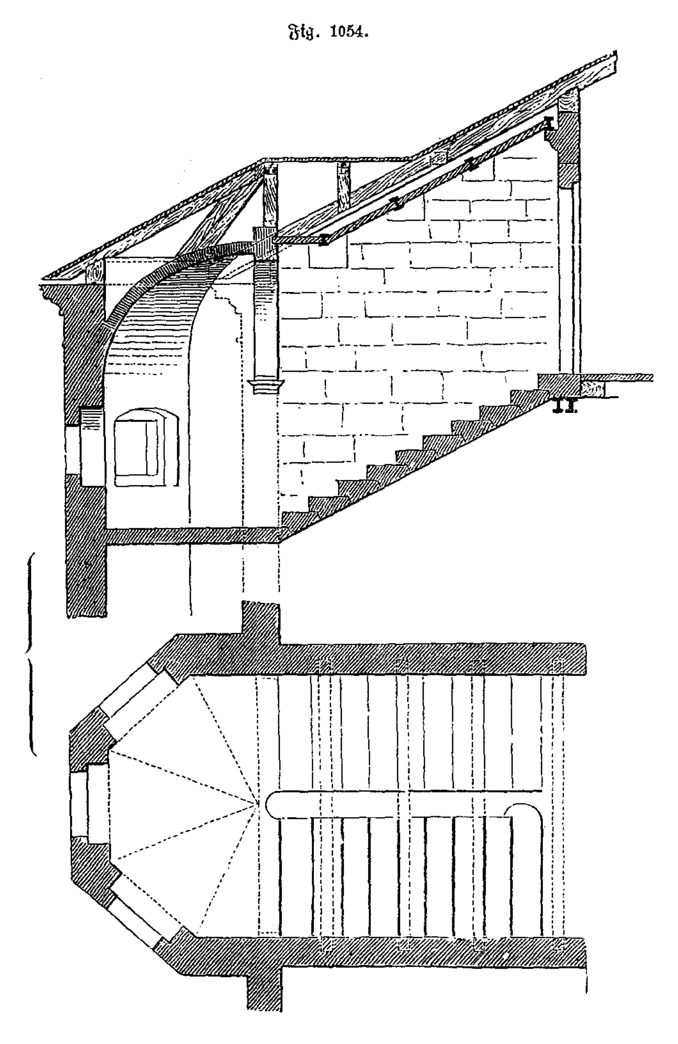
1) Handbuch der Architektur, III. Teil, III. Bd., 2. H. — Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen, Berlin 1899. — Das System **Monier** von G. A. **Wayß**, Berlin 1887. — Deutsche Bauzeitung 1880, S. 355; 1879, S. 471 u. 1877, S. 109 u. 130.

immerhin wird man darauf zu achten haben, sie der Dachfläche möglichst nahe zu bringen, um die Wirkung des Aufschlagens herabstürzender Konstruktionsteile durch

Fig. 1053.

Verminderung der Fallhöhe auf ein Minimum zu reduzieren. Auch ist es vorteilhaft, die Umfassungsmauern über die feuersichere Decke um etwa 30 cm hinauszuführen, damit Pfetten, Sparren, Kehlbalken, die möglicherweise die Umfassungsmauern treffen, nicht unmittelbar auf die Decke aufschlagen.

Fig. 1054.



Die Konstruktion der Decke wird von der Größe und der Form des Treppenhauses, von seiner Lage in Beziehung auf das Gebäude und von der Stärke der Umfassungsmauern abhängig sein. In den meisten Fällen werden eiserne Gebälke mit Backstein- oder Betonkappen am besten den Zweck erfüllen, und wir geben in Fig. 1053 u. 1054 zwei Anordnungen, die keiner näheren Erläuterungen bedürfen.

Sechstes Kapitel.

Eindeckung der Dächer.

§ 1.

Allgemeines. Benennungen.

Diesem Teile der Baukonstruktionslehre liegt der Begriff des Bedeckens, des Schutzgebens der Bauwerke gegen atmosphärische Niederschläge zu Grunde, und er ist insofern von großer Bedeutung, als die Dauer der Gebäude von der Dauerhaftigkeit und Dichtigkeit dieser schützenden Decke wesentlich abhängt.

Unter Dach im allgemeinen verstehen wir die oberste, zum Schutz gegen die Witterung bestimmte Decke eines Gebäudes, die dabei so eingerichtet ist, daß das aus der Atmosphäre niedergeschlagene, oder von geschmolzenem Schnee herrührende Wasser einen leichten Abfluß findet.

An einem solchen Dache müssen wir die die äußere Decke bildende Fläche und das innere Gerüst unterscheiden, das erstere unterstützt. Im vorliegenden Kapitel haben wir es nur mit ersterer zu thun und nehmen letzteres als gegeben an.

Die äußere Form eines Daches kann eine sehr verschiedene sein, und wir werden die hauptsächlichsten bei den Holzkonstruktionen kennen lernen. Immer aber wird das Dach aus einer oder mehreren geneigten Flächen bestehen müssen, damit der Bedingung der Wasserableitung entsprochen wird.

Die Größe der Neigung dieser Dachflächen ist abhängig von der Beschaffenheit des Materials, mit dem sie eingedeckt werden.

Je fester und glatter die Oberfläche des Deckmaterials ist, um so leichter muß das Wasser ablaufen, und um so weniger schädlich wird ein längeres Verweilen desselben auf dem Dache sein. Es wird daher ein Dach mit glattem Material flacher eingedeckt werden dürfen als mit einem anderen, welches weniger glatt und wetterbeständig ist. Aber auch die größere oder geringere Sorgfalt, mit der die Eindeckung der Dachfläche hergestellt wird, hat auf die rasche Wasserableitung Einfluß, mithin auch auf den Neigungswinkel der Dachfläche; ebenso der Umstand, ob das Material in einer zusammenhängenden Masse ohne Fugen die Dachfläche bildet (wie z. B. beim Asphaltdach), oder ob die Deckung aus vielen kleinen Stücken hergestellt ist und daher viele Fugen enthält.

Die Erfahrung hat für die verschiedenen Deckmaterialien die passenden Neigungswinkel der Dachflächen festgestellt, und wir werden diese in der Folge kennen lernen, müssen aber zuvor noch einige Benennungen von Dachteilen erklären, um später weitläufige Umschreibungen zu umgehen.

1. Dachfirst (Firstlinie, Forst) nennen wir die von zwei sich schneidenden Dachflächen gebildete höchste und gewöhnlich horizontal liegende Kante.
2. Traufe ist die am tiefsten liegende horizontale Kante einer Dachfläche.
3. Grat ist die geneigt liegende, einen ausspringenden Rücken bildende Kante, die von zwei sich schneidenden Dachflächen gebildet wird.
4. Kehle ist die sich beim Schneiden zweier Dachflächen bildende, vertieft und geneigt liegende Rinne.
5. Bord ist die aufsteigende Begrenzungslinie einer Dachfläche da, wo sie sich mit keiner anderen schneidet.

In Fig. 1, Taf. 92, sind a b und b c Firstlinien, a e und a d Gratlinien, h b eine Kehle, e f, d g, c i und c k Borde und endlich g h und h i Trauflinien.

Die Dachflächen sind entweder Ebenen, windschiefe Flächen, Kegelmäntel oder Oberflächen sphärischer Körper; sie bilden entweder zusammenhängende, aus einer Masse ohne Fugen bestehende Flächen, wie das Asphaltdach, oder sind aus einzelnen Tafeln gebildet, wie die Ziegel- und Schieferdächer u. s. w.

A. Die Ziegeldächer.

§ 2.

Allgemeines.

Gutes Deckmaterial vorausgesetzt, ist die Ziegelbedachung eine der dauerhaftesten Dachdeckungen. Die Vorzüge vor anderen Bedachungen bestehen besonders in der Wetterbeständigkeit, Feuersicherheit und der Fähigkeit, durch die natürliche Porosität des Ziegels das Schwitzwasser, das sich durch Niederschläge an den Innenflächen des Daches bildet, aufzusaugen und nach außen zu verdunsten; von nicht porösem Deckungsmaterial tropft das Schwitzwasser ab, was schließlich bei ungenügender Lüftung eine Zerstörung des Holzwerkes durch Fäulnis bewirken kann.

Die Porosität der Ziegel darf natürlich nicht so groß sein, daß sie durchlässig werden und daß infolge davon das auffallende Regenwasser nach unten abtropft; es tritt dies besonders ein bei Thonen, die keinen starken Brand vertragen, weil die daraus angefertigten Ziegel sich krumm ziehen und verschlacken würden; es sollten deshalb nur reine Steingutthone ohne größere Beimengungen von kohlensaurem Kalk, Gips, Schwefelkies und Pflanzenresten verwendet und bis zur Sinterung durchgebrannt werden, da die aus solchem Material hergestellten Ziegel bei geringer Porosität volle Wetterbeständigkeit besitzen. Die Undurchlässigkeit kann durch Glasieren der Ziegel erhöht werden; aber nur in dem Fall werden solche Ziegel haltbar, dann aber auch vorzüglich sein, wenn zur Herstellung durchaus guter Thon verwendet und in tadelloser Weise verarbeitet wird, und wenn nicht leichtflüssige Metallglasuren, sondern Erdglasuren zur Anwendung kommen.

Dachsteine auf beiden Seiten zu glasieren, ist nicht zu empfehlen, da sie schneller abblättern und rascher verwittern als Ziegel, bei denen die Unterseite zur Ausgleichung von Feuchtigkeits- und Temperaturunterschieden und zur Abgabe von etwa durch offene Poren aufgesaugter Nässe unglasiert geblieben ist. Bei allen Bauten, bei denen zwischen Außen- und Innentemperatur so große Unterschiede herrschen, daß starke Niederschläge zu befürchten sind, ist zu empfehlen, nur naturfarbene, unglasierte Ziegel aus bestem Material zu verwenden.

Dachziegel, die mit Steinkohlenteer überzogen oder durchtränkt sind und dadurch eine schwärzliche Farbe besitzen, sind nur mit Vorsicht zu verwenden, da dieses Verfahren häufig nur deshalb angewendet wird, um schlechtes durchlässiges Material zu dichten und die Erfahrung gezeigt hat, daß dann die so behandelten Steine bald vollständig abblättern und rascher zu Grunde gehen als andere aus demselben Material gefertigte Ziegel, die nicht mit Steinkohlenteer getränkt sind.

Während durch diese Behandlungsweisen die Porosität der Ziegel ganz aufgehoben werden kann, lassen sich durchlässige Ziegelsteine durch Übergießen der im lederharten Zustande befindlichen Steine mit feinem Thonschlamm (Engobieren) unbeschadet ihrer Porosität in höherem Grade undurchlässig machen. Diese Engobe, die oft noch Farbenzusätze erhält, um dem Ziegel gleichzeitig die gewünschte Farbe zu geben, schließt die Poren des Steins auf der Außenfläche; eine Schwierigkeit des Verfahrens liegt jedoch darin, daß diese dünne Schicht sich mit der Grundmasse fest verbinden und einerlei Schwindmaß haben muß, um Risse und Abblätterungen zu verhindern. Bei noch nicht bewährten Fabrikaten ist deshalb stets Vorsicht geboten.

In neuerer Zeit werden in vielen Ziegeleien die Dachsteine einem sogenannten Dämpfungsverfahren unterworfen, bei dem infolge des vor sich gehenden chemischen Prozesses das Eisenoxyd des in Hochglut stehenden Scherbens in Eisenoxydul umgewandelt und der Scherben in seinem Bruche blau wird, so daß die Steine ein schieferartiges Aussehen erhalten. Bei diesem chemischen Prozeß tritt eine wesentliche Erhöhung der Temperatur ein, die Sinterung wird dadurch bedeutend erhöht, der Scherben wird härter und dichter, wodurch die Wetterbeständigkeit des Materials in hohem Maße zunimmt. Dieses Verfahren ist jedoch nur anwendbar bei den eisenreichen Thonen, also nicht bei solchen, die von Natur infolge ihrer Eisenarmut mehr feuerfest als wetterfest sind, bei denen die einzelnen Moleküle des Scherbens nicht aneinander sintern können, die sich mehr weiß brennen und nach erfolgtem Dämpfen auf der Bruchfläche des Scherbens eine mehr weißgraue Farbe und nur äußerlich eine mechanisch anhaftende graublaue oft glänzende Graphitablagerung zeigen, die zur Erhöhung der Wetterbeständigkeit nichts beiträgt. Bei nicht bekannten Fabrikaten ist deshalb bei Verwendung blau gedämpfter Ziegel Vorsicht anzuempfehlen.

Übrigens hört diejenige Durchlässigkeit, die lediglich in der natürlichen Porosität der Ziegel ihren Grund hat, in kurzer Zeit, längstens in Jahresfrist auf, infolge des Eindringens von Staub und Ruß in die Poren des Ziegels und der Bildung von Flechten und Moosanwuchs in den Poren sowohl als auf den Außenflächen der Ziegel.

In dringenden Fällen giebt es aber ein einfaches und billiges Verfahren, diesen Naturprozeß in seinen Wirkungen zu ersetzen und dessen Vollziehung einzuleiten und zu beschleunigen. Dies besteht in einem Tränken der Dachziegel mit einer entsprechend verdünnten Lösung von Rübenmelasse, die aus den Zuckerfabriken leicht zu erhalten

ist.[1]) Dadurch werden nach Verdunstung des Lösungswassers die Poren verstopft, die Melasse begünstigt durch ihre Klebrigkeit das Anhaften von Staubteilchen, und endlich veranlaßt sie durch Übergehen in die Essigsäuregärung bei reichlichem Gehalt an mineralischen und organischen Pflanzennährstoffen die Bildung mikroskopischer Pilzwucherungen, deren Zellengewebe nach dem Absterben ein feines vegetabilisches Filter innerhalb der Poren bilden, deren Kapillarattraktion vermehren und das aufgesaugte Wasser zurückhalten.

Die Ziegeldächer haben den großen Vorteil, daß man bei ungünstiger Jahreszeit die Dachsteine ohne weiteres einhängen und das Gebäude schnell gegen Witterungseinflüsse schützen kann; die bleibende Eindeckung wird dann später bei besserem Wetter vorgenommen.

Je nach Form und Gestaltung der Dachziegel unterscheidet man Flachziegel, Hohlziegel und Falzziegel.

§ 3.

Das Biberschwanz- oder Dachplattendach.

Biberschwänze, Taschenziegel, Dachplatten sind ebene, im allgemeinen ein Rechteck bildende Ziegel. Die Länge beträgt gewöhnlich etwas mehr als die doppelte Breite und die Stärke wird so gering genommen, als es die Zerbrechlichkeit des Materials nur zuläßt. Die Dachziegel sollen 36,5 cm Länge, 15,5 cm Breite und 1,8 cm Dicke haben.

Die gebräuchlichen Formen zeigen die Fig. 2, 3 u. 4, Taf. 92. Die Formen, Fig. 2 u. 3, sollen das Wasser an dem tiefsten Punkte a des Ziegels ableiten, was bei der sogenannten Reiheneindeckung, Fig. 6, Taf. 92, von Vorteil ist. Wird aber im Verbande, Fig. 7, Taf. 92, eingedeckt, so sind Ziegel von der Form Fig. 4 vorzuziehen, wo das Wasser an den Ecken b b abtropft, und bei der, um dies noch zu befördern, die Ziegel vor dem Brennen mit divergierenden flachen Rinnen, wie solches die Linien f b andeuten, versehen werden. Alle diese Ziegel haben auf der Rückseite, in der Mitte der oberen schmalen Seite, einen hakenartigen Vorsprung g, die sogenannte Nase, die ungefähr 2 qcm im Querschnitt und 2 cm Vorsprung hat und zum Aufhängen auf die Dachlatten dient.

Dächer, mit solchen Ziegeln eingedeckt, sollen nach den gewöhnlichen Angaben mit dem Horizont einen Winkel von 45, wenigstens aber von 30 Grad bilden, wenn sie das Eindringen des Wassers oder des vom Winde getriebenen Schnees verhüten sollen. Sehr oft bestimmt man aber die Neigung eines Daches so, daß man ein gleichschenkliges Dreieck zu Grunde legt, und die Neigung der Seiten durch das Verhältnis der Höhe zur Grundlinie ausdrückt. Ist daher die Höhe 1 und die Grundlinie 3, so sagt man, es sei ein Drittelbach, u. s. w. Nur wenn das Verhältnis wie 1 : 2, das Dreieck also zugleich ein rechtwinkliges ist, nennt man das Dach ein Winkeldach.

Mit guten Dachplatten oder Biberschwänzen kann man erfahrungsgemäß auf $\frac{1}{3}$ recht gut eindecken, sogar auf $\frac{1}{4}$, wenn die Ziegel ausgesucht gute sind und die Arbeit sehr sorgfältig ist. Doch dürfen im letzteren Fall auch die Dachflächen nicht zu groß, d. h. nicht zu hoch sein, damit nicht eine zu große Menge Wasser über die untersten Schichten zu laufen hat, wo es, vom Winde aufgehalten, leicht eindringen kann.

Es giebt verschiedene Arten der Eindeckung mit Biberschwänzen; wir unterscheiden:

a) das einfache Spließ- oder Schindeldach;
b) das Doppeldach;
c) das Kronen- oder Ritterdach und
d) das böhmische Dach.

Der Unterschied begründet sich bei den drei ersten hauptsächlich durch die Art und Weise, wie sich die einzelnen Ziegelreihen überdecken, und nur bei der vierten kommt ein förmliches Vermauern der Ziegel vor.

Alle diese Ziegeldächer bedürfen einer Lattung, und es ist leicht ersichtlich, daß die Weite der Lattung (die Entfernung der Oberkante einer Latte von der Oberkante der anderen) von der Art der Eindeckung und der Länge der Ziegel abhängig ist, da sich diese mindestens um 10 cm überdecken müssen, um das Durchtreiben von Regen und Schnee zu verhüten. Die Lattung eines Ziegeldaches ist daher von großer Wichtigkeit, und wir wollen einige allgemeine Regeln darüber aufstellen.

Die Lattweite muß so bemessen werden, daß alle Ziegel, soweit sie einander decken, sich überall berühren, oder, daß sie — wie man sagt — nicht klaffen. Dieses kann aber nach Fig. 5, Taf. 92, nur dann stattfinden, wenn alle Ziegel mit einer, durch die Oberflächen der Latten gedachten Ebene denselben Winkel bilden, und dieser ist abhängig von der Ziegeldicke und der Lattweite. Setzen wir erstere, rechtwinklig auf die Lattenoberfläche gemessen (oder a b) = d, letztere (oder a c) = w, so ist $\frac{d}{w} = tg.\alpha$ und $w = \frac{d}{tg.\alpha}$. Heißt ferner der Winkel, den die Ziegel mit dem Horizont bilden, β, und derjenige, welchen die, über die Oberfläche der gleich hohen Latten gezogene, gerade Linie mit der horizontalen einschließt γ, so ist Winkel $\alpha = \gamma - \beta$.

Es folgt hieraus, daß es für eine bestimmte Größe der Winkel β und γ und eine gegebene Ziegeldicke nur

[1]) Deutsche Bauzeitung 1889, S. 512.

eine Lattweite giebt, bei welcher kein Klaffen stattfindet; und damit die zweite Ziegelreihe nicht klafft, bedarf die unterste außer der Latte, auf welcher sie hängt, der Trauflatte, noch einer Unterlage, die um so viel dicker ist als die Latten, daß der Ziegel, auf ihr aufliegend, den Winkel β mit dem Horizont bildet, wie Fig. 10a, Taf. 92, solches nachweist. Ist andererseits die Lattweite, mithin auch der Winkel α, gegeben und soll Winkel β nicht unter ein gewisses Maß hinabsinken, so ist dadurch auch Winkel γ gegeben.

Ist die Lattweite festgesetzt, so kommt es darauf an, daß alle Latten miteinander und mit der Trauf- und Firstlinie parallel laufen, d. h. daß die Lattweite überall dieselbe ist. Zu diesem Zweck fertigt man sich ein sogenanntes Stichmaß an. Ein solches besteht aus einem Brett- oder Lattstückchen von der in Fig. 11, Taf. 92, dargestellten Form. Wird dasselbe auf eine bereits festgenagelte Latte aufgesetzt, so zeigt der obere Haken den Ort für die nächste Latte an. Nichtsdestoweniger ist es aber nötig, die Entfernung etwa der zehnten Latte von der Trauflinie aus unmittelbar zu messen, damit ein gemachter Fehler nicht durch die ganze Dachfläche fortgeführt wird. Bei windschiefen Dachflächen bilden die Oberkanten der Latten nur in der Vertikalprojektion parallele Linien, während sie in der Horizontalprojektion divergieren. Auf jedem Sparren eines solchen Daches liegen gleichviel Latten mit gleichen Zwischenweiten, so daß letztere zwar auf jedem Sparren unter sich gleich, aber auf den verschiedenen Sparren verschieden groß sind. Hierdurch wird in Bezug auf Fig. 5, Taf. 92, in dem Ausdruck $tg.\alpha = \frac{d}{w}$, weil w einen immer anderen Wert annimmt, auch Winkel α auf jedem Sparren ein anderer, und es muß daher die Unterlage für die Traufschicht auf jedem Sparren eine andere, dem jedesmaligen Winkel α entsprechende Dicke erhalten, wenn kein Klaffen stattfinden soll. Bei Bestimmung der Lattweite auf solchen Dachflächen wird man darauf Rücksicht nehmen müssen, daß sich die Ziegel auf dem am flachsten geneigten Sparren noch gehörig überdecken und auf dem am steilsten gestellten die Latten noch so weit voneinander entfernt bleiben, daß die Nasen der Ziegel hinreichend Platz behalten.

Außerdem muß in allen Fällen die Sparenlänge durch die Lattweite ohne Rest teilbar sein, mit Berücksichtigung des Umstandes, daß die Oberkanten der obersten Latten etwa 6 cm voneinander entfernt bleiben, aus Gründen, die wir später anführen werden.

Die Latten müssen auf jedem Sparren mit einem Nagel befestigt werden, und da, wo zwei Latten auf einem Sparren gestoßen werden, erhält jedes Ende einen Nagel. Die Stöße der Latten müssen verschossen, d. h. es dürfen nicht zu viel Latten auf ein und demselben Sparren gestoßen werden. Die Latten müssen ferner von gleicher Stärke, gerade und astlos sein, außerdem so oft durch einen Sparren unterstützt werden, daß kein Durchbiegen zu befürchten ist.

Von einer guten Lattung hängt der Erfolg des Eindeckens zum großen Teile ab, weshalb es ratsam bleibt, das Einlatten von demselben Handwerker vornehmen zu lassen, der das Eindecken besorgt, damit er eine etwaige schlechte Eindeckung nicht durch eine angeblich mangelhafte Lattung entschuldigen kann.

Zu den allgemeinen Regeln für die Anfertigung der Ziegeldächer gehört auch noch die, daß, wenn man Ziegel von verschiedener Güte, namentlich gut und weniger gut gebrannte Ziegel hat, man diese sortiert und die besseren auf die Wetterseite des Daches bringt, oder bei Kronendächern zur oberen Schicht, die schlechteren aber zur unteren bestimmt.

Dieselbe Vorsicht muß angewendet werden, wenn man ein vorhandenes Dach behufs irgend einer Veränderung abdeckt und mit dem brauchbaren Teile der alten Ziegel wieder eindecken will. Man muß dabei die Ziegel, welche auf der Wetterseite des Daches lagen, wieder auf diese bringen, und umgekehrt. Hat man ein zweiseitiges oder Satteldach einzudecken, so müssen beide Seiten gleichzeitig eingedeckt werden, da durch eine einseitige Belastung der Dachverband nachteilig beeinflußt würde. Mit dem Aufhängen der Ziegel beginnt man jedesmal in der Mitte der Länge einer Dachfläche, und natürlich an der Traufe.

§ 4.

Eindeckungsarten mit Dachplatten.

Wir haben bereits gesehen, daß es vier verschiedene Arten der Eindeckung mit Dachplatten oder Biberschwänzen giebt. Was zunächst die Lage der Ziegelreihen (Ziegelscharen) übereinander betrifft, so unterscheidet man die Paralleldeckung oder Reiheneindeckung und die Eindeckung im Verbande.

Bei ersterer treffen die Mitten aller Ziegel lotrecht übereinander, so daß die Stoßfugen ununterbrochene, gerade, von dem First bis zur Traufe reichende Linien bilden, Fig. 6, Taf. 92. Bei der zweiten Art des Eindeckens, in Fig. 7 u. 9, Taf. 92, dargestellt, trifft hingegen die Stoßfuge einer unteren Schicht immer auf die Mitte eines Ziegels der darüber befindlichen Reihe. Sind die Ziegel nach Fig. 3 oder 2, Taf. 92, mit einer Spitze oder einer Abrundung an ihrem unteren Ende versehen, so wird bei der Eindeckung im Verbande das von einem Ziegel ablaufende Wasser gerade auf die darunter liegende Stoßfuge geleitet, weshalb es vorzuziehen ist, bei

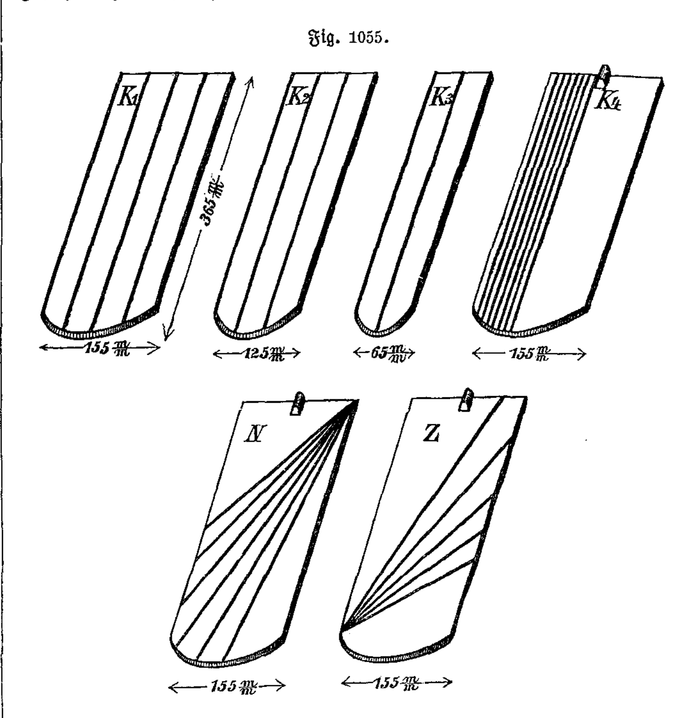
solchen Ziegeln die Reiheneindeckung anzuwenden. Um die hierbei unvermeidlichen und immer nachteiligen langen Stoßfugen zu vermeiden, ohne einen der anderen erwähnten Nachteile hervorzubringen, pflegt man auch wohl den sogenannten Dreiviertelverband anzuwenden, wobei die Stoßfuge zweier Ziegel etwa mit dem dritten Teile der Breite des darüber liegenden Steins zusammentrifft, wie Fig. 8, Taf. 92, zeigt. Allein diese Art der Eindeckung ist schwieriger, weil der Arbeiter weit leichter die Mitte eines Steins, als den dritten Teil seiner Breite richtig schätzen kann. Gäbe eine konkave Endigung der Ziegel, Fig. 9, Taf. 92, nicht zu zerbrechliche Spitzen, so wäre eine solche Form für die verbandmäßige Eindeckung jedenfalls die vorteilhafteste, weil dann das Wasser an diesen Spitzen abtropfen und auf die Mitte des tieferliegenden Steins geleitet würde. Im allgemeinen sind daher geradlinig endigende Ziegel bei einer Eindeckung im Verbande vorzuziehen.

Bei dieser Eindeckung sind, wenn auch die Länge des Daches durch die Ziegelbreite ohne Rest teilbar ist, bei gerade aufsteigenden Borden Ziegel von der halben Breite, sogenannte Schnittlinge, notwendig, die entweder auf der Ziegelei besonders geformt, oder von dem Dachdecker zugehauen werden müssen. Im letzteren Fall verfertigt man sich eine Art Streichmaß aus einem Lattstücke nach Fig. 12, Taf. 92, mit welchem man mittels des bei a eingeschlagenen, unten etwas vorstehenden starken Nagels, auf der Mitte des Steines einen, beiläufig bis zur halben Stärke des Ziegels reichenden Riß darstellt, worauf der in der Hand etwas hohl gelegte Ziegel durch einen mäßigen Schlag mit dem Hammer in zwei Teile zertrennt werden kann.

Einzelne Ziegeleien, wie z. B. A. Dannenberg in Görlitz, liefern außer Teilsteinen K_2 und K_3, Fig. 1055, auch besondere Spaltsteine, K_4, die sich längs der Rinnen leicht abtrennen lassen; ebenso liefert Dannenberg zum Anschluß an Grate besondere Gratziegel N, und zum Anschluß an Kehlen die Kehlziegel Z, welche je nach der erforderlichen Schmiege bei je 5 Grad gespalten werden können.

Bei dem einfachen Schindel- oder Spließdache, Fig. 10 u. 10a, Taf. 92, mit 21 cm weiter Lattung, überdecken sich zwei übereinander liegende Ziegelreihen um 15,5 cm; und wenn im Verbande eingedeckt ist, wird auch die Stoßfuge zwischen zwei benachbarten Ziegeln auf diese Länge überdeckt und durch einen Ziegel unterlegt. Auf 5,5 cm Länge aber, und bei Reiheneindeckung auf die ganze Ziegellänge, ist sie offen, weshalb unter jede Fuge eine Schindel, d. i. ein dünnes, etwa 7,5 cm breites Brettchen, b b, Fig. 10, Taf. 92, von der ganzen Ziegellänge gesteckt, aber nicht weiter befestigt und nur durch die Reibung festgehalten wird. Diese Schindeln (auch Spließe genannt) sind gegen 5 mm dick, weshalb unter den Ziegeln zwischen zwei solchen Schindeln ein hohler Raum bleibt, der sich mit der Zeit durch eingewehten Staub u. s. w. zwar schließt, bei neuen Dächern aber dem Schnee Eingang gestattet. Man hat daher in neuerer Zeit die hölzernen Schindeln durch Streifen von Zinkblech ersetzt, was außer dem besseren Schlusse auch die Feuergefährlichkeit solcher Dächer vermindert.

Fig. 1055.



An manchen Orten ist es gebräuchlich, statt der Schindeln Moosstreifen unter die Ziegel zu legen, und wenn wirklich Moos hierzu genommen wird und nicht Heu oder dergleichen, so ist dies Verfahren dem Gebrauche der leicht verweslichen und feuergefährlichen Holzschindeln vorzuziehen.

Bei einem solchen Dache hängt auf jeder Latte eine einfache Reihe Ziegel. Ausgenommen sind hiervon nur die unterste oder Trauf- und die oberste oder Firstlatte, auf denen doppelte Ziegelreihen hängen. Es geschieht dies, damit die Stoßfugen dieser Ziegel gedeckt werden können, weshalb diese Doppelschichten auch immer im Verbande eingedeckt werden müssen, wie dies Fig. 10, Taf. 92, näher nachweist.

Bei einem 15 cm weit gelatteten Doppeldache, Fig. 13 u. 13a, Taf. 92, überdeckt jeder Ziegel den dritten unter ihm liegenden noch um 6,5 cm, und auf die übrige Länge liegen sämtliche Ziegel doppelt, daher der Name. Dergleichen Dächer werden immer im Verbande eingedeckt und deshalb sind die Schindeln u. s. w. unter den Stoßfugen unnötig. Aus demselben Grunde wie bei den ein-

fachen Dächern müssen aber auf die Trauf- und Firstlatten doppelte Schichten aufgehängt werden, während auf allen übrigen Latten nur einfache Reihen hängen.

Das Kronen- oder Ritterdach, in Fig. 14, Taf. 92, im Durchschnitt dargestellt, unterscheidet sich von den beiden eben genannten dadurch, daß auf jeder Latte doppelte Ziegelreihen liegen, deren Stoßfugen unter sich und mit den höher und tiefer liegenden Verband halten.

Wird hierbei die Lattweite, wie früher angegeben, zu $^2/_3$ der Ziegellänge oder zu 24,6 cm angenommen, so überdecken sich zwei übereinander liegende Reihen um 12 cm, und es liegen die Ziegel auf diese Länge vierfach übereinander, sonst überall doppelt.

Von diesen drei verschiedenen Dächern ist das einfache Schindeldach das leichteste und billigste, aber auch das am wenigsten dichte;[1] Doppel- und Kronendach sind hinsichtlich der Schwere und Wasserdichtigkeit einander ziemlich gleich zu setzen. Das Kronendach hat aber den Vorteil, daß es beinahe nur einer halb so großen Anzahl Latten und in demselben Verhältnis weniger Nägel bedarf, zugleich aber auch das Einziehen neuer Ziegel wegen der weiteren Lattung sehr erleichtert, so daß sich auch weniger Ziegelverbruch ergiebt als beim Doppeldach, weil bei diesem mehr Ziegel gehoben werden müssen als bei einem Ritterdache, wie solches eine Vergleichung der Fig. 13a u. 14, Taf. 92, zeigt.

Es dürfte daher das Kronen- oder Ritterdach unter den bisher genannten den Vorzug verdienen, ausgenommen etwa bei gebogenen Dachflächen, wo ein Klaffen der Ziegel nicht vermieden werden kann, und wo dann das Doppeldach, seiner engeren Lattung wegen, vorzuziehen sein wird.

Diese Dächer sind indessen nicht ganz dicht und insbesondere nicht gegen den Flugschnee, der zwischen den Fugen durchgetrieben wird und wie feines Mehl in das Innere des Dachraumes eindringt.

Um diesem Übelstande abzuhelfen, pflegt man an manchen Orten die Fugen mit Mörtel zu verstreichen und dadurch zu verschließen, und bei den sogenannten böhmischen Dächern werden die Ziegel förmlich vermauert.

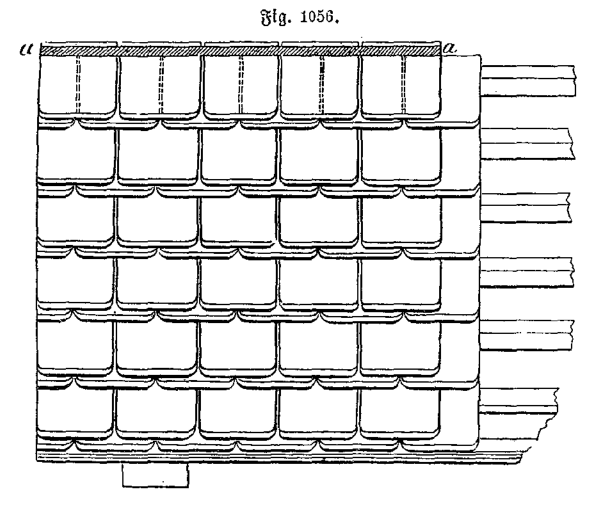
Das Verstreichen ist von keinem nennenswerten Nutzen, weil bei der fast fortwährenden Bewegung, der die Ziegel durch Wind und durch das Arbeiten des Dachholzes ausgesetzt sind, der Mörtel nicht haften kann, sondern bald Risse bekommt und abfällt, wovon man sich überall, wo eine solche Verstreichung angebracht ist, leicht überzeugen kann. Um die fast jährlich notwendige neue Fugenverstreichung zu umgehen, hat man allerlei Mischungen versucht, um den Mörtel haltbarer zu machen, und Lehm unter den Kalk gemengt oder Kälberhaare. Die letzteren verhüten ein Abfallen des Mörtels allerdings etwas, jedoch nur dadurch, daß sie die einzelnen Stücke, in welche der Mörtel infolge der erwähnten Bewegungen zerreißt, aneinander heften, aber keineswegs das Durchtreiben des Schnees verhüten.

Ein Nachteil der verstrichenen Dächer, der in manchen Fällen nicht unbedeutend sein kann, ist der, daß durch den fortwährend herabfallenden Mörtel auf dem Dachboden aufgeschüttete Früchte oder sonstige Waren verunreinigt oder gar verdorben werden können. Gerade hier leisten die erwähnten Kälberhaare einigen Dienst, da die Mörtelteilchen an den Haaren hängen bleiben.

Was die sogenannte böhmische Eindeckung betrifft, so findet, wie bereits erwähnt worden, ein Vermauern der einzelnen Ziegel statt.

Der Mörtel, den man zu dieser Arbeit verwenden will, muß besonders sorgfältig und dünnflüssig bereitet werden; übrigens nimmt man einen guten sogenannten Luftmörtel, da Versuche mit hydraulischem Mörtel kein günstiges Resultat gegeben haben sollen. Ein solcher hat dem abwechselnden Naß- und Trockenwerden, namentlich aber den Einwirkungen der Sonnenstrahlen nicht widerstanden.

Fig. 1056.

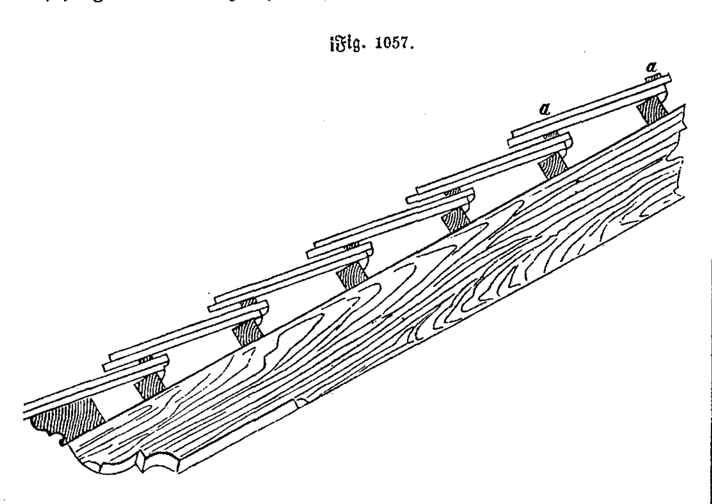


Beim Kronen- oder Ritterdach wird jedem Ziegel, ehe man ihn verlegt, an der langen Seite mit der Kelle eine etwa 8 mm starke Mörtellage gegeben, während zur Dichtung der übereinander liegenden Ziegelreihen nahe am Kopfende der bereits gelegten der sogenannte Querschlag aufgebracht wird, d. h. ein etwa 2 cm breiter dünner Mörtelstreifen, der quer über jeden Ziegel in wagerechter Richtung mit der Kelle aufgetragen wird; es werden somit zwei Ziegel nebeneinander durch Fugen, zwei Ziegelreihen übereinander aber durch Querschläge verbunden.

1) Über einen „Reformdachziegel" von Architekt Schelzel in Dresden, der die Nachteile des Biberschwanzziegels zu vermeiden sucht und sich für einfache Deckung eignet, siehe Wiener Bauindustrie-Zeitung 1896, Nr. 41.

Fig. 1056 zeigt die vordere Ansicht und Fig. 1057 den Querschnitt einer auf die beschriebene Weise eingedeckten Dachfläche eines Kronen- oder Ritterdaches, wo die Querschläge mit a bezeichnet sind.

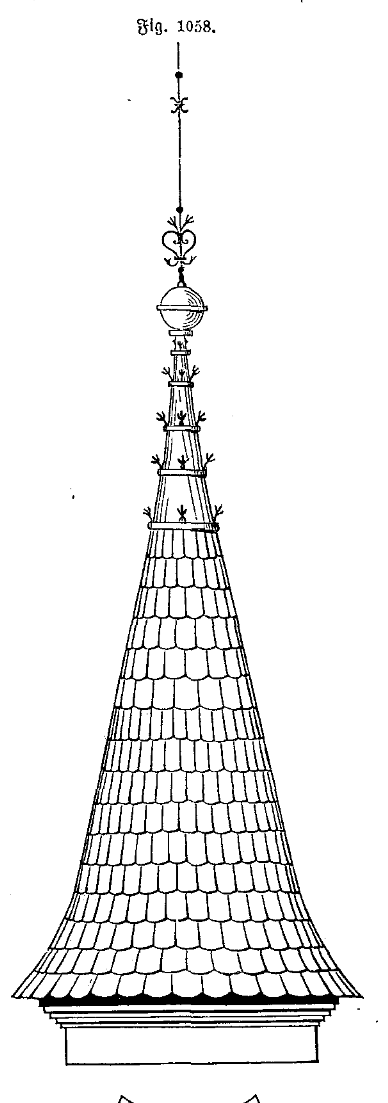
Fig. 1057.



Auch die Doppel- und die Schindeldächer kann man auf böhmische Art eindecken; doch begnügt man sich damit, die Stoßfugen zwischen den Ziegeln zu mörteln, und läßt die Querschläge fort, weil diese bei den weit übereinander greifenden Ziegeln des Doppeldaches ein Klaffen derselben erzeugen würden; bei den Schindel- oder einfachen Dächern verbieten sich die Querschläge aber wegen der Schindeln.

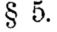
Ein auf böhmische Art gut eingedecktes Dach ist gewiß wasserdicht; doch trifft diese Konstruktion derselbe Vorwurf, den wir dem Verstreichen der Fugen gemacht haben, wenn auch in geringem Maße. Eine Bewegung der Dachfläche durch das Trocknen, Schwinden und Werfen des Dachholzes ist nicht zu vermeiden, und Sprünge und Risse in den Mörtelfugen und Ablösen der Ziegel von den Querschlägen sind die Folge. Doch hat der Sturmwind auf eine in dieser Weise eingedeckte Dachfläche, die eine zusammenhängende Masse bildet, weniger Einfluß als auf ein gewöhnlich gedecktes Dach, indem er nicht so leicht einen einzelnen Ziegel oder eine Ziegelreihe heben kann. Auch findet kein Verunreinigen des Bodenraumes durch herabfallenden Mörtel statt, wie dies bei dem inneren Verstriche der Fall ist. Überdies spricht die Erfahrung sehr für diese Dächer, und es dürfte ein auf böhmische Art eingedecktes Kronen- oder Ritterdach das beste sein, was mit unseren gewöhnlichen Ziegeln hergestellt werden kann; obgleich der Einwurf, daß in ein solches Dach nur mit Mühe und von außen her neue Ziegel eingezogen werden könnten, nicht unbegründet ist, wenn auch dem weiteren Einwande, daß hierbei notwendig mehrere Ziegel zerbrochen würden, durch die Anwendung passender Werkzeuge und durch vorsichtige Behandlung begegnet werden kann. Teurer ist ein solches Dach allerdings; aber wenn es zugleich besser, schützender für das Gebäude und dauerhafter ist, so ist dies kein Vorwurf.

Fig. 1058.



Zum Eindecken kegelförmiger Turmhelme werden konische Biberschwänze verwendet, wie solche z. B. Ludowici in Jockgrim anfertigt, Fig. 1058, in Breiten von 16 cm bis 4 cm. Wenn der Turm unten sehr breit ist, würden die Ziegel nach oben sehr schmal werden, und es muß deshalb einmal wieder mit breiten Ziegeln angefangen werden, so daß nur noch halb so viele Ziegel in der Reihe liegen wie zunächst darunter.

Für gewölbte Dachflächen, Zwiebelturmdächer u. dergl. müssen ebenfalls besonders geformte Biberschwänze verwendet werden, wie solche z. B. konkav- und konvexgebogen, Fig. 1059, von den Schlesischen Dachsteinfabriken, vormals G. Sturm in Freiwaldau gefertigt werden.



§ 5.

Eindeckung besonderer Teile des Dachplattendaches.

Von der Eindeckung der Dachflächen im allgemeinen, welche wir bisher in Betracht gezogen haben, gehen wir zu deren Begrenzungen oder Besäumungen über, wonach wir die Behandlung der Traufe, des Firstes, des Grates, der Kehle, des Ortganges und Maueranstoßes, sowie der Stellen erhalten, wo die Dachflächen durch Kamine

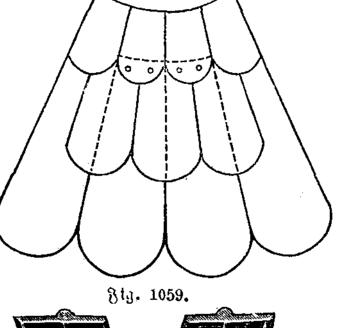
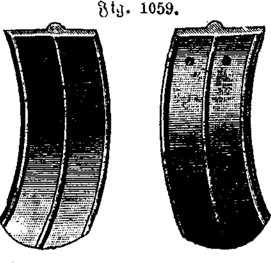


Fig. 1059.



oder Dachfenster unterbrochen werden. In dieser Beziehung gilt als Grundsatz, daß diejenigen Dachflächen am dauerhaftesten sein werden, bei welchen dem stetigen Wasserabfluß kein Hindernis in den Weg tritt.

Die **Traufe** wird bei allen den beschriebenen Ziegeldächern durch eine Doppelschar gebildet, so daß bei dem einfachen und beim Doppeldache die Latte, auf der diese Doppelschar hängt, mit ihrer Oberfläche um eine Ziegeldicke tiefer gelegt werden muß, wenn kein Klaffen stattfinden soll. Der Zweck dieser Verdoppelung ist, die Stoßfugen der untersten Ziegelreihe bis an die eigentliche Tropfkante hin zu decken. Da dies nun aber bei dem einfachen Dache nach Fig. 10a, Taf. 92, auf eine Länge von 21 cm, und beim Doppeldache nach Fig. 13a, auf 15 cm Länge (nach der jedesmaligen Lattweite) notwendig ist, so braucht die unterste Ziegelreihe der Doppelschar nicht die ganze Ziegellänge zu haben, sondern nur eine Länge von etwa 21,5 und resp. 15,5 cm, wie dies in den Fig. 10b u. 13b, Taf. 92, dargestellt wurde, weil dann ebenfalls nirgends eine ungedeckte Stoßfuge vorkommt.

Der Vorsprung der Traufe vor der Unterlage a beträgt gewöhnlich 6—9 cm, und da die Oberkante dieser Unterlage von der nächsten oder Trauflatte 21,5 oder 15,5 cm entfernt ist, so beträgt die Breite der Unterlage bei dem einfachen Dache 12—15 cm und beim Doppeldache 6—9 cm, kann im letzteren Fall also durch eine gewöhnliche, etwas stärkere Latte ersetzt werden, während beim einfachen Dache ein sogenanntes **Traufbrett** nötig wird. Wie die Figuren zeigen, ist in den zuletzt besprochenen Fällen ein Tieferlegen der Trauflatte nicht nötig.

Daß man an die Stelle der untersten Ziegelreihe der doppelten Traufschar auch einen Streifen aus Metallblech auf dem Traufbrette befestigen kann, leuchtet ein; es geschieht dies öfter des besseren Aussehens wegen, wenn unter der Traufe ein fein gegliedertes Gesims befindlich ist.

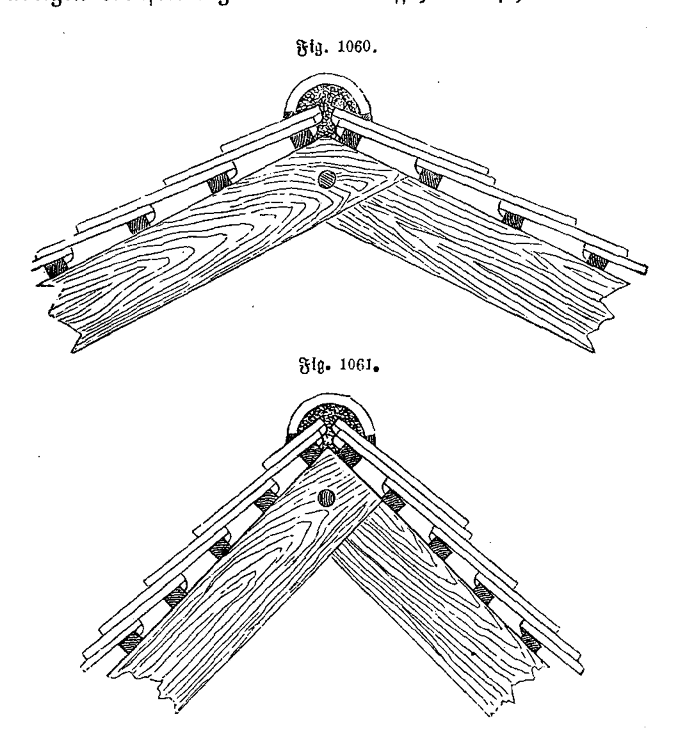
Bei dem Kronen- und Ritterdache ist die Traufschar, wie jede andere, eine doppelte und bedarf daher keiner besonderen Berücksichtigung.

Übrigens ist hier unter Traufe nicht nur die einer ganzen Dachfläche verstanden, sondern jede Dachkante, an der ein Abtropfen des Wassers stattfindet, so also auch die Traufe einer Dachluke u. s. w. Ebenso bleibt die Konstruktion dieselbe, ob die Traufe das Wasser in eine Rinne oder, wie hier angenommen, in das Freie fallen läßt.

Der **First** oder der **Forst** erhält, wie schon früher bemerkt, ebenfalls jedesmal eine doppelte Ziegelschar auf der obersten Latte, aus demselben Grunde wie bei der Traufe; und da an dieser Stelle die Länge der ungedeckten Stoßfuge bei dem Doppeldache 15 und bei dem einfachen Dache 21 cm (ebenfalls soviel als die Lattweite) beträgt, wie dies die Fig. 10a, u. 13a, Taf. 92, nachweisen, so braucht die oberste Ziegelreihe der doppelten Firstschar wiederum nicht die ganze Ziegellänge zu haben, sondern es können Stücke von etwa 15,5 und 21,5 cm Länge verwendet werden, wie dies die Fig. 1060 u. 1061 auf der linken Seite zeigen. Daß man übrigens diese kürzeren Ziegel hier sowohl als bei der Traufbildung nur dann mit Vorteil anwenden kann, wenn sie auf den Ziegeleien besonders angefertigt werden, leuchtet ein. Bei dem Kronen- oder Ritterdache ist auch die Firstziegelschar von allen übrigen ebensowenig als die Traufschar verschieden.

Fig. 1060.

Fig. 1061.



Den eigentlichen Schluß eines zweiseitigen oder Satteldaches, wie solches die Fig. 1060 u. 1061 zeigen, bildet eine ineinander geschobene Reihe **Hohlsteine**, welche die eine Hälfte eines nach seiner Achse durchschnittenen hohlen abgestumpften Kegels bilden und auf der konvexen Seite des dickeren Endes ebenfalls eine Nase haben. Diese Steine unterliegen gewöhnlich keinen vorgeschriebenen Abmessungen, sind aber mindestens 42 cm lang, am dickeren Ende 15 cm und am dünneren 12 cm außerhalb breit und 1,8 cm stark.

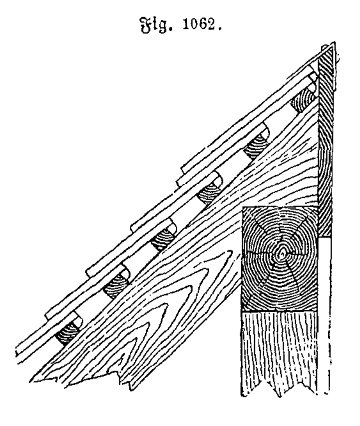
Damit diese Steine über die obersten Ziegelreihen der Firstschar gehörig übergreifen können, müssen sich diese einander so weit nähern, als dies die Nasen zulassen. Diese Nasen dürfen aber nicht etwa abgeschlagen werden, und deshalb müssen die Firstlatten, wie schon früher erwähnt, nicht ganz an die Spitze der Sparren, sondern so genagelt werden, daß die im Querschnitt des Daches erscheinenden vier Nasen gehörig Platz haben. Die Fig. 1060

u. 1061 zeigen, daß die Entfernung dieser Latten voneinander auch von dem Dachwinkel abhängt, denn während sie sich bei dem Winkeldache, Fig. 1061, beinahe unmittelbar an der Spitze befinden, müssen sie bei dem Viertelдache, Fig. 1060, etwas davon entfernt bleiben.

Die Hohlsteine, die sich um 9—12 cm der Länge nach überdecken, werden in Mörtel gelegt, d. h. es werden sowohl die Fugen zwischen den Hohlsteinen, als die zwischen diesen und der obersten Ziegelreihe der Firstschar, gut und sauber mit Mörtel verstrichen und der innere, in den Fig. 1060 u. 1061 punktierte Raum mit Abfällen von Ziegelstücken und Mörtel (also einer Art Beton) ganz gefüllt. Letzteres ist nötig, damit der Sturm die Hohlziegel nicht so leicht herabwehen kann. Es gehört ferner zum guten Aussehen eines Daches, daß die Firstziegel nach der Schnur gelegt werden, so daß ihre Nasen in einer geraden Linie liegen.

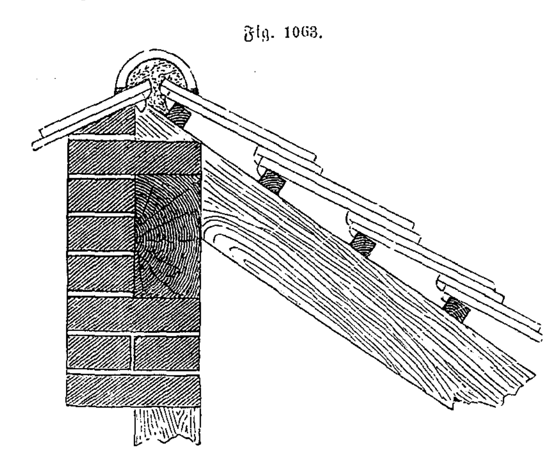
Bei dem First eines einseitigen oder Pultdaches sind Hohlziegel nicht wohl anwendbar. Wenn das Dach nicht etwa gegen eine höhere senkrechte Mauer oder Wand stößt und einen sogenannten Maueranstoß (wovon weiterhin) bildet, bleibt es immer schwierig, der Firstschar eine sichere Lage zu geben und es dürfte ratsam sein, diese immer böhmisch einzudecken, d. h. mit gemörtelten Stoßfugen und Querschlägen zu versehen, damit der Wind weniger Gewalt darauf ausüben kann. Außerdem dürfte ein nach Fig. 1062 angeordnetes Deckblech von hinlänglicher Steifigkeit gewiß sehr ersprießliche Dienste leisten.

Fig. 1062.



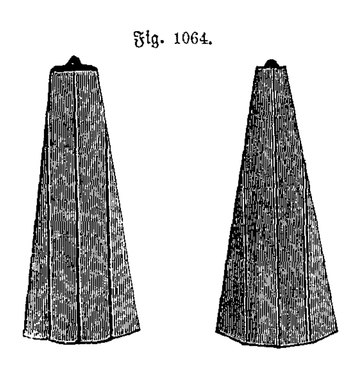
In Fig. 1062 ist die Anordnung so getroffen, daß kein Traufwasser auf die Seite der lotrechten, sogenannten hohen Wand kommt; ist dagegen eine Abwässerung nach dieser Seite hin zulässig, so kann man die Anordnung nach Fig. 1063 treffen, wo sich dann ein First mit Hohlsteinen herstellen läßt. In dieser Figur wurde zugleich der oft vorkommende Fall angenommen, daß die hohe Wand mit einer Vormauerung versehen ist, in welchem Fall dann die auf dieser liegende Firstschar ganz in Mörtel gelegt wird. Daß man eine ganz ähnliche Konstruktion anordnen kann, wenn diese Vormauerung fehlt und die hohe Wand entweder eine Fachwand, wie in Fig. 1062, oder eine massive Mauer ist, bedarf wohl keiner Erwähnung.

Fig. 1063.



Der Grat ist nach unserer früheren Erklärung eine geneigt liegende First und wird wie diese mit Hohlsteinen eingedeckt, nur fällt die doppelte Firstschar fort und es müssen die an den Grat treffenden Ziegel schräg zugehauen werden (siehe hierwegen Fig. 1055). Hierbei wird es sich sehr oft treffen, daß die Nase des Ziegels mit fortgehauen wird, weshalb dann die Stücke in Mörtel gelegt werden müssen. Zum Anschluß an die Gräte können aber auch sogenannte Schwenksteine verwendet werden, Fig. 1064, die z. B. von den Schlesischen Dachsteinfabriken

Fig. 1064.



vormals G. Sturm in Freiwaldau in zwei Kopfbreiten von 60 mm und 30 mm hergestellt werden.

Die zur Abdeckung des Grates selbst notwendigen Hohlsteine müssen, da sie auf einer geneigten Kante liegen, mit eisernen Nägeln befestigt werden und es ist gut, wenn die hierzu nötigen Löcher schon beim Formen und vor dem Brennen in die Ziegel gestochen werden, weil das nachherige Einhauen derselben beschwerlich ist und viel Bruch erzeugt. Ist der Grat nicht zu steil, so ist es nicht nötig, jeden Hohlstein zu nageln, sondern es ist hinreichend, wenn der unterste und oberste und dazwischen

etwa je der vierte Stein mit einem Nagel versehen werden. Dies Nageln geschieht an dem dünneren Ende der Hohlsteine, so daß der Nagel von dem zunächst höher liegenden Steine überdeckt wird, und man hat daher während der Arbeit darauf zu achten, daß die vorgeschriebene Anzahl Steine auch wirklich genagelt wird, weil man dies später nicht mehr sehen kann.

Dem Grate ist die **Kehle** entgegengesetzt, denn wenn jener mit einer Wasserscheide zu vergleichen ist, von welcher das Wasser leicht abfließt, so gleicht diese einem Thalwege, in welchem sich alles Wasser sammelt. Schon hieraus folgt die Schwierigkeit der wasserdichten Eindeckung dieses Dachteils und die Notwendigkeit, Kehlen soviel als möglich zu vermeiden.

Gewöhnlich stellt man die Kehle bei Ziegeldächern von Schiefer oder Metallblechen her; doch kann man auch mit gewöhnlichen oder mit Hohlziegeln Kehlen eindecken, wenn auch nicht ohne größere Mühe und mit weniger Gewißheit der Wasserdichtigkeit. Taf. 93 zeigt in den Fig. 1—3 die Kehle eines Doppeldaches, mit Hilfe von Hohlsteinen eingedeckt; eine Konstruktion, wie sie wohl bei kurzen Kehlen, in denen sich nicht viel Wasser sammelt, und wo nicht absolute Wasserdichtigkeit, aber größte Ersparnis in den Kosten Bedingung ist, ausgeführt werden kann. Fig. 2 ist ein Querschnitt normal auf die Richtung der Kehle und Fig. 3 ein solcher durch die Mittellinie derselben, während Fig. 1 die Horizontalprojektion darstellt.

Zwei Latten a a, zu jeder Seite des Kehlsparrens A über die Kehlschiftsparren genagelt, nehmen die Enden der Dachlatten auf und sichern zugleich die Lage der die Kehle bildenden Hohlziegel, die außerdem mittels ihrer Nasen einen Haltpunkt an den zwischen a a aufgenagelten kurzen Lattstücken b finden und sich etwa 9 cm weit von oben nach unten überdecken. Die nach der Linie c d, Fig. 1, schräg zugehauenen Dachziegel, die den Anschluß an die Kehlsteine vermitteln, und zu denen die diagonal geritzten Ziegel Z, Fig. 1055, mit Vorteil verwendet werden, überdecken die Ränder der Hohlziegel ebenfalls um 6—9 cm, wie aus Fig. 2 zu ersehen. Soll dies letztere ohne ein Klaffen der Ziegel geschehen, so müssen die Hohlsteine, wie solches in Fig. 2 rechts gezeichnet, stark verhauen werden; sie fassen aber dann so wenig Wasser, daß ein Überlaufen sehr leicht zu besorgen ist, weshalb es vorzuziehen sein dürfte, ein Klaffen der zunächst der Kehle liegenden Ziegelreihen nicht zu fürchten und dafür den Hohlsteinen ihre ganze Tiefe zu lassen, wie dies in Fig. 2 auf der linken Seite durch punktierte Linien angedeutet ist. Dieses Klaffen, das sich schon in der dritten Schicht wieder verliert, findet innerhalb statt und hat überhaupt wenig zu bedeuten, da die ganze Kehle in allen Fugen sorgfältig mit Mörtel verstrichen und die kleinen Ziegelstücke, wie f f, Fig. 1, förmlich vermauert werden müssen, wenn die Kehle einigermaßen Wasserdichtigkeit gewähren soll. Da wo sich die Kehle gegen den First hin ausspitzt, muß sie mit einem Metallblech gedeckt werden, wie in Fig. 1 angedeutet ist. Das Blech g bildet in der Mitte einen Teil eines Kegelmantels und reicht bis zu den Punkten h h auf den Firstlatten, auf welchen zugleich die Befestigung durch Nägel stattfindet. Dieses Blech überdeckt, wie Fig. 3 zeigt, den obersten Hohlziegel um 6—9 cm. Fig. 1 deutet bei B zugleich an, wie die Firststeine dort, wo zwei Firstlinien mit der Kehle und einem Grat, oder mit zwei Kehllinien zusammenlaufen, passend zugehauen werden müssen, wobei ein sorgfältiges Verstreichen aller Fugen Hauptbedingung wird.

Die Kehlen größerer Dachflächen können auf die eben angegebene Weise nicht eingedeckt werden, sondern müssen, wenn man kein anderes Material verwenden will, mit Biberschwänzen in der Weise eingedeckt werden, daß man sie als Teile von Cylindermänteln darstellt, an welche die angrenzenden Dachflächen tangierende Ebenen bilden.

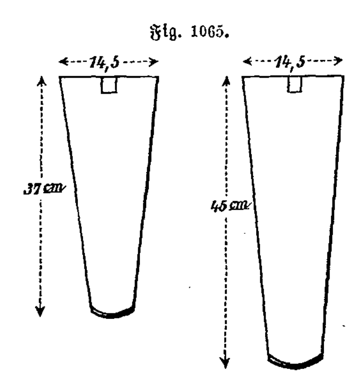
Die Fig. 1—3, Taf. 94, zeigen eine solche Konstruktion bei einem Kronen- oder Ritterdache, und zwar ist Fig. 1 die Horizontalprojektion, Fig. 2 ein lotrechter Durchschnitt durch die Mittellinie C D der Kehle und Fig. 3 ein Durchschnitt normal auf die Linie C D, also nach A B. Fig. 2. Mit einiger Aufmerksamkeit kann hier ein Klaffen der Ziegel vollkommen vermieden werden, und wenn die Ziegel der eigentlichen Kehle ganz in Mörtel gelegt, die angrenzenden Schichten der Dachflächen aber böhmisch eingedeckt werden, so läßt sich mit ziemlicher Sicherheit auf Wasserdichtigkeit der Konstruktion rechnen. Doch ist es nötig, daß man nicht nur die besten der vorhandenen Ziegel zu der Kehle selbst auswählt, sondern auch eine recht sorgfältige Arbeit, wozu besonders ein Dichtreiben der Fugen gehört, nicht scheut. Zur Erläuterung der gewählten Konstruktion diene folgendes.

Ein Paar etwa 21 cm breite, 4 cm starke Dielstücke a a werden in passender Entfernung, so daß ihre Mitten mit den Grenzen der etwa 3—4 Ziegel breiten Kehle zusammentreffen, so auf die Kehlschiftsparren aufgenagelt, daß ihre Oberflächen etwa 3 cm tiefer liegen als die Oberflächen der Dachplatten. Auf diesen Dielstücken werden die Enden der Dachlatten befestigt, wie solches Fig. 1 deutlich zeigt, und außerdem dienen sie dazu, die Enden der gekrümmten schwächeren Latten b b aufzunehmen. Letztere müssen so gebogen werden, daß sie mit ihrer Oberfläche in eine Cylinderfläche fallen, zu welcher die Oberflächen der Dachlatten tangierende Ebenen sind, so daß also b b in Fig. 3 einen Kreisbogen bildet. Um diese Biegung bewirken zu können, nimmt man sogenannte Spalierlatten

und kommt ihrer Biegsamkeit dadurch zu Hilfe, daß man sie auf der konvexen Seite mit Einschnitten versieht, wie dies in Fig. 3 dargestellt wurde. Außer an ihren Enden sind diese Latten noch auf zwei, auf den Kehlsparren befestigten Latten d d genagelt.

Die sämtlichen Kehlsteine werden ganz in Mörtel verlegt, also sämtlich vermauert, um die in Fig. 3, Taf. 94 sichtbaren hohlen Räume auszufüllen, die dadurch entstehen, daß die ebenen Ziegel auf einem Cylindermantel aufliegen.

Fig. 1065.



In neuerer Zeit werden vielfach besondere keilförmige Kehlsteine gefertigt, Fig. 1065, in verschiedenen Abmessungen, die in die zuvor nach einem Radius von 40—50 cm ausgeschalten Kehlen in Kalkmörtel verlegt werden, wodurch die Kontinuität der Dachdeckung gewahrt wird. Die Deckungsweise soll sich gut bewährt haben.

Fig. 1065 a.

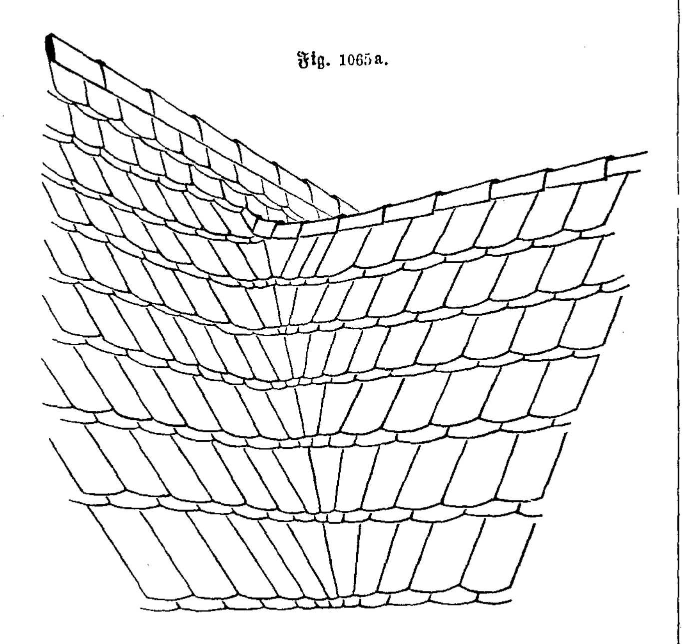


Fig. 1065 a giebt die Ansicht einer mit solchen Steinen eingedeckten Kehle.[1])

1) Aus dem Prospekt der Schlesischen Dachstein- und Falzziegelfabriken, vorm. G. Sturm, Aktiengesellschaft Freiwaldau.

Meistens erfolgt die Eindeckung der Dachkehlen mit Metallblechen.

Man nimmt hierzu Kupfer, Zink oder Eisenblech, seltener Blei. Das Verfahren ist bei diesen Materialien im wesentlichen dasselbe, und nur das Zinkblech erfordert, seiner großen Ausdehnung durch die Hitze wegen, eine besonders vorsichtige Behandlung, in welcher Beziehung wir auf den dritten Band dieses Werkes verweisen.

Die Konstruktion einer Dachkehle mit Zuhilfenahme von Metallblechen ist sehr einfach und besteht darin, daß man in der Kehle in einer Breite von etwa 60 cm unmittelbar auf die Dachlatten einen Blechbelag befestigt, dessen Rand auf jeder Seite von den nach einer schrägen Linie abgehauenen Dachziegeln auf ca. 15 cm Breite überdeckt wird. Die einzelnen Bleche, aus denen die Kehle besteht, können je nach dem Material entweder zusammengelötet, oder auch übereinander gefalzt werden. Das letztere ist das gewöhnlichere, und es geschieht dann nach der in Fig. 4, Taf. 95, dargestellten Art so, daß die Falze nach dem Fuß der Kehle zu niedergeschlagen werden. Die Befestigung der Bleche geschieht entweder dadurch, daß man die Ränder der nach der Breite der Kehle in einem Stücke durchgehenden Bleche, da wo sie die bis in die Kehllinie verlängerten Dachlatten treffen, nagelt, oder daß man nach Fig. 5, Taf. 95, in die Falze Heftbleche einlegt und diese auf einer Bretterverschalung festnagelt. Diese Bretterverschalung muß dann so auf den Kehl- und Schiftsparren befestigt werden, daß ihre Oberfläche mit der der Dachlatten zusammenfällt. In diese Bretter werden der Länge nach einige flache Rinnen eingestoßen, um dem Wasser, das durch ein etwaiges Leck der Kehlbleche dringt, einen Ablauf unter denselben hin zu verschaffen. Sehr häufig wird das Blech der Kehle cylinderförmig im Querschnitt gestaltet, wie in Fig. 3, Taf. 95. In diesem Fall ist es dann bequemer, die Schalung aus Latten bestehen zu lassen, die sich dieser Form leichter anschließen. Diese Form hat aber gegenüber der in Fig. 1 dargestellten, wo die Kehle zu einer scharfkantigen Rinne sich zuschärft, keinerlei Vorteile, indem in letzterer das Wasser noch leichter und schneller abfließt als in ersterer.

Da die übergreifenden Dachziegel auf dem Bleche der Kehle stumpf aufliegen, so entsteht hinter der Oberkante jeder Ziegelschar ein kleiner, dreieckiger, hohler Raum a a, Fig. 2, in welchen der Wind das Wasser hineinjagen kann, denn ein Verstreichen dieser Räume mit Mörtel hilft nur auf kurze Zeit, weil letzterer auf dem Metallbleche nicht haftet. Es ist daher anzuraten, die beiden Ränder der Kehlbleche nach innen umfalzen und nicht ganz niederschlagen zu lassen, damit das Wasser an den Falzen hinabläuft, ohne in das Innere des Gebäudes zu dringen.

Wir haben bereits erwähnt, daß man die Kehlen bei Ziegeldächern auch mit Schiefern einzudecken pflegt; doch ist diese Konstruktion der bei ganzen Schieferdächern üblichen durchaus gleich, so daß wir dorthin verweisen können.

Der Ortgang oder Bord eines Ziegeldaches bedarf insofern einiger Aufmerksamkeit, als er durch Stürme leicht beschädigt wird und Regen und Schnee dann in das Innere getrieben werden. Deshalb läßt man, wo dies möglich ist, die Borde um eine oder mehrere Ziegelbreiten über die lotrechte Fläche des Gebäudes hinausreichen, indem man die Dachlatten um so viel über die Giebelsparren hervorragen läßt. Die Seitenansicht eines Bordes entspricht ganz dem lotrechten Querschnitt einer Dachfläche, und es ergeben sich daher auch hier hinter der Oberkante jeder Ziegelschar dreieckige Hohlräume, die bei Kronen- oder Ritterdächern am größten sind. Gewöhnlich werden diese nur mit Kalkmörtel verstrichen, was aber übel aussieht und häufige Raparaturen und Erneuerungen notwendig macht. Besser ist es, diese Öffnungen durch ein sogenanntes Windbrett zu verschließen.

Es wird nämlich nach Fig. 6, Taf. 95, die Unterfläche der über den Giebelsparren vorstehenden Latten mit Brettern verschalt, die an die Latten festgenagelt werden und den Zweck haben, ein Heben der Ziegel durch den auf ihre Unterfläche wirkenden Wind zu verhindern. An diese Verschalung und an die Stirnenden der Latten wird nun ein schmales Brettchen, womöglich von Eichenholz, dessen Breite der Dicke der erwähnten Schalbretter, der Latten und der Ziegelbedachung zusammengenommen gleich ist, durch Nägel befestigt, was, wie Fig. 6 bei A zeigt, den Schluß bewirkt.

Will man hierbei recht sorgfältig verfahren, so läßt man die Ziegel um ganz wenig mehr, als die Stärke dieses Windbrettes beträgt, über die Latten hinausreichen, und schneidet das Windbrett selbst nach der Lage der Ziegel zahnartig aus, wie solches in Fig. 6 bei B dargestellt ist, und wodurch die Fuge, welche nach der vorigen Konstruktion längs des ganzen Bordes zwischen dem Windbrett und den anstoßenden Ziegeln vorhanden ist, vermieden und gedeckt wird. Man darf hierbei nur die Ziegel nicht zu weit über das Windbrett vorstehen lassen, damit der Wind keine Fläche findet, sie zu heben.

Bei besseren Ausführungen pflegt man außer den Kehlen auch die Traufen, Firste, Gräte und Borde mit Schiefer in einer Breite von etwa 30 cm herzustellen, was eine solide Einbindung möglich macht und dem Dache ein gutes Aussehen giebt. Das Nähere hierüber bei den Schieferdächern.

Stößt ein Dach mit einer seiner Seitenbegrenzungen an eine lotrechte Wand oder Mauer, so entsteht ein sogenannter Maueranstoß, der ebenfalls einige Vorsichtsmaßregeln erfordert. Die anstoßende Seite kann entweder die First eines Pultdaches oder ein Bord sein, denn der Fall, wo die Trauflinie an eine lotrechte Fläche trifft, muß unter allen Umständen vermieden werden. Es kommt hierbei immer darauf an, die zwischen der Dachfläche und der lotrechten Wand entstehende Fuge so zu dichten, daß kein Wasser eindringen kann. Ein Verstreichen dieser Fuge mit Mörtel reicht nicht aus, und besonders nicht, wenn die lotrechte Fläche eine Holzwand ist. In diesem Fall bleibt nichts übrig, als die Fuge durch eine übergenagelte Leiste zu decken und diese noch durch ein darüber befestigtes Metallblech zu schützen, über welches der Putz der Wand etwas übergreift, damit das an ihr herablaufende Wasser nicht zwischen Wand und Blech eindringen kann.

Gewöhnlich erfolgt der Dachanstoß gegen eine massive Mauer, und dann läßt sich eine sichere und haltbare Konstruktion auf folgende Weise erreichen.

Um das auf der Dachfläche herablaufende Wasser von der Fuge des Maueranstoßes möglichst abzuleiten, läßt man die Dachfläche gegen die Mauer hin etwas ansteigen, indem man auf dem, zunächst an der betreffenden Mauer liegenden Dachsparren unter die Dachlatten eine Latte befestigt, so daß die die Ziegel tragenden Latten um die Dicke der aufgenagelten nach der Mauer hin gehoben werden, wie dies Fig. 7, Taf. 95, zeigt, oder man nagelt auf jede einzelne Dachplatte ein keilförmiges Lattstück (Frosch genannt), mit dem Kopf der Mauer zugewendet, wie in Fig. 8 derselben Tafel. Dann läßt man die Ziegel selbst um 6—9 cm in eine, in die Mauer gehauene oder gleich bei Aufführung derselben ausgesparte Nut eingreifen, und verstreicht die bleibenden hohlen Räume mit Kalkmörtel, der an den Ziegeln und an der Mauer gut haftet.

Besteht die Mauer, gegen welche der Anstoß stattfindet, aus Backsteinen, wie dies bei Brandmauern und Rauchrohrkasten oft der Fall ist, so kann man, um das in einer schwachen Mauer oft unthunliche Einhauen einer Nut zu umgehen, treppenartig eine Schicht Backsteine etwas vorstehen lassen, wie solches in Fig. 9, Taf. 95, an einem Rauchrohrkasten gezeichnet ist.

Daß eine Trauflinie an eine lotrechte Wand stößt, kann auf kurze Strecken oft unvermeidlich werden, wie beispielsweise bei Rauchrohrkasten u. dergl.

In diesem Fall kann man, wenn das Rauchrohr nur klein ist, sich dadurch helfen, daß man an der, dem Anstoß zugekehrten Seite, wie vorhin erwähnt, eine Backsteinschicht herauskragt und den Raum darunter so mit gut bereitetem Mörtel ausstreicht, daß sich ein von der

Mitte aus nach beiden Seiten hin abfallender Rücken oder Sattel bildet, der das Wasser ableitet. Ist der Rauchrohrkasten (oder sonstige Gegenstand) aber breiter, so ist es am besten, hinter demselben ein kleines Blechdach so zu konstruieren, wie dies die Fig. 10 u. 11, Taf. 95, in der Horizontalprojektion und im Querschnitt darstellen.

Bei größeren Gegenständen (wie mehrere vereinigte Rauchrohre) setzt man auch wohl ein kleines, mit dem Hauptdache winkelrecht sich schneidendes Ziegeldach nach Fig. 1, Taf. 96, dahinter, das seinen besonderen First hat und sich mit zwei Kehlen an das Hauptdach anschließt. Die Kehlen a b bestehen aus kleinen Blechrinnen, die so auf die Dachlatten befestigt werden, daß sie längs ihren langen Seiten von den Ziegeln der beiden Dachflächen überdeckt werden, unten bei b b aber so auf die größere Dachfläche ausmünden, daß sie ihrerseits die Ziegel überdecken, wie solches in der Figur dargestellt ist. Was endlich den Anstoß einer Firstlinie anbelangt, so ist nur zu bemerken, daß die Firstziegelschar ebenfalls in eine Nut eingreifen und von einer vorkragenden Steinschicht oder Leiste überdeckt werden muß.

Einfacher und zweckmäßiger als diese umständliche und unangenehm ins Auge fallende Konstruktion ist eine Einbindung mit Zinkblech, die auf einer entsprechenden kleinen sattelartigen Auffütterung so ausgeführt wird, daß das Wasser seitlich abfließt.

Schließlich haben wir noch die Eindeckung der Dachluken oder Dachfenster zu erwähnen.

Die einfachsten Dachluken, die gewöhnlich nur als Luftzüge benutzt werden, sind die sogenannten Kappfenster, wie ein solches in Fig. 2, Taf. 96, in isometrischer Projektion dargestellt ist. Dieselben werden von Thon gebrannt, wie das in unserer Figur dargestellte, oder auch aus Blech oder Gußeisen gefertigt, wie das in Fig. 3, Taf. 96, in der Horizontalprojektion gezeichnete. Sie erhalten an der Unterfläche zwei Nasen wie die Dachziegel, womit sie ohne weitere Befestigung auf die Dachlatten aufgehängt werden. Damit sie verbandmäßig zwischen den Ziegeln eingedeckt werden können, muß ihre Breite das ein-, zwei- oder drei- u. s. w. fache der Ziegelbreite betragen, ihre Länge aber, wenigstens wenn sie aus Thon gebrannt sind, der Ziegellänge gleich sein. Sind sie aus Blech gefertigt, so kann die Länge mehrere Lattweiten und den Übergriff der Ziegelreihen in sich begreifen, wie in Fig. 3, wo dann längs der Linien a b derselbe Fall stattfindet, wie bei einer mit Blech eingedeckten Dachkehle, und wo man, wie dort, durch ein Umfalzen der Blechkante c b das Einwehen des Regens und Schnees in die hinter den Ziegeloberkanten befindlichen dreieckigen Räume verhüten kann.

Eine zweite Art Dachluken sind die Pultdachluken, so genannt, weil sie mit einem Pultdache gedeckt sind; Fig. 4, Taf. 96, zeigt eine solche Luke und Fig. 5 einen lotrechten Durchschnitt durch ihre Mitte. Was die Eindeckung anbelangt, so dürfen wir nur daran erinnern, daß sich bei a b, Fig. 4, eine Trauflinie, bei a f und b d die Borde, bei d c ein Dachanstoß und bei c e der Anstoß einer Firstlinie befindet, und daß alle die für diese Einzelheiten früher angegebenen Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden müssen. Dahin gehört also die in Fig. 5 bei A angedeutete Doppelschar für die Traufe a b, Fig. 4, und eine solche Gestalt der Lukenschwelle B, Fig. 5, daß unter dem Vorsprunge derselben die ebenfalls doppelte Firstschar (e c, Fig. 4) Platz findet. Die schwierigsten Stellen bei der Eindeckung einer solchen Dachluke sind aber die Anstöße bei c d und der Anschluß der Pult- an die Hauptdachfläche bei f d, Fig. 4, oder bei C, Fig. 5. Da nämlich die Seitenwände oder die sogenannten Seitenwangen der Dachluke, d. h. die lotrechten dreieckigen Flächen b c d, Fig. 4, immer aus Holz oder Riegelwerk bestehen, so ist hier eine Dichtigkeit in dem Dachanstoße nur dadurch zu erreichen, daß nach c d eine Zinkkehle eingelegt und die ganze Seitenwange b c d mit Zinkblech oder mit kleinen Schiefern verkleidet wird. Der häufig angewandte Mörtelverstrich ist nicht haltbar und muß fast alljährlich erneuert werden, wenn nicht in kurzer Zeit das anschließende Holzwerk dem Verderben preisgegeben sein soll.

Um das Wasser von dieser Stelle möglichst abzuweisen, pflegt man in manchen Gegenden die Seitenwangen nicht gleichlaufend unter sich und parallel mit den Dachsparren, sondern nach oben zu divergierend anzuordnen, wie dies in Fig. 6, Taf. 96, dargestellt ist, was dem angegebenen Zwecke allerdings entspricht, aber den Nachteil mit sich führt, daß nun die Ziegel an den beiden Borden des Lukendaches schräg verhauen werden müssen, was übel aussieht.

Da wo sich die Pultdachfläche an das Hauptdach anschließt, entsteht ein sogenannter Wassersack, der um so schädlicher wird, je größer der Unterschied der Neigungswinkel der beiden Dachflächen ist. Ein Klaffen der Ziegel ist nur zu vermeiden, wenn das Pultdach bis zur First des Hauptdaches reicht, wird jedoch in demselben Maße vermindert, je geringer der Unterschied der Neigungswinkel beider Dächer ist, je niedriger also entweder die lotrechte Vorderwand der Luke, oder je länger das Dach derselben ist.

Dieser zuletzt erwähnte Übelstand fällt bei den Fronton-Dachluken, wie eine solche in Fig. 7, Taf. 96, skizziert und in Fig. 9 derselben Tafel in der Horizontalprojektion gezeichnet ist, weg, wo hingegen da, wo sich das Satteldach der Luke an das Hauptdach anschließt, zwei

Kehlen entstehen, die am besten mit Blech nach Fig. 1, Taf. 95, eingedeckt werden. Alles übrige bleibt wie vor.

Eine Abart dieser Luken entsteht nach Fig. 8, Taf. 96, wenn man die lotrechten Wangenstücke der Luke fortläßt, und nur das Dach derselben auf das Hauptdach setzt, wo dann die beiden Kehlen allein übrig bleiben, die Dachanstöße aber fortfallen. Bei beiden Arten muß indessen die Lukenschwelle über die zunächst unter ihr liegende doppelte Ziegelschar übergreifen, gerade so, wie dies schon bei den Pultdachluken erwähnt und in Fig. 5, Taf. 96, gezeichnet ist.

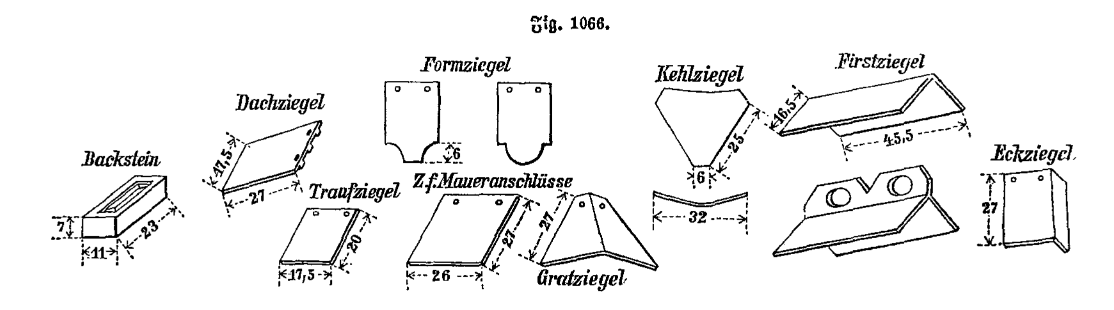
In neuerer Zeit werden die Dachluken, insbesondere solche von kleineren Abmessungen ganz in Zinkblech hergestellt, wodurch die Nachteile der bisher besprochenen Konstruktionen vermieden werden. Um diese Zinkfenster in richtiger Weise aufsetzen zu können, werden auf die Sparren keilartige Leisten a b, Fig. 1, 3 u. 4, Taf. 97, befestigt, deren Rücken bei a, Fig. 4, entweder die einfache oder doppelte Ziegelstärke zur Höhe hat, je nachdem das Dach als Doppeldach oder als Kronendach eingedeckt ist. Diese Keile nehmen die Enden der auf die Luke treffenden Dachlatten auf, wie dies aus den Fig. 1 u. 3 zu ersehen ist. Die Oberfläche dieser Latten kommt dadurch so zu liegen, daß, wenn die Grundtafel der Dachluke auf ihnen aufliegt, dieselbe oben und seitwärts unter die Ziegel trifft, unten, bei g, Fig. 4, aber die Ziegel überdeckt. Da die vorstehenden Ränder der Grundtafel aber auch nach den Seitenwangen der Luke hin ein Gefälle haben müssen, damit das Wasser abgehalten wird, seitwärts unter den übergreifenden Ziegeln in das Dach zu dringen, so nagelt man Doppelkeile oder sogenannte Fröschlinge, deren Rücken in eine gerade Linie und mit der äußeren Begrenzung der Grundtafel zusammenfallen, so auf die Latten, daß sie sich von unten nach oben zu bedeutend verjüngen, wie dies in Fig. 1 zu sehen. Die äußeren Ränder der Grundtafel werden außerdem noch, 2 cm breit etwa, nach innen umgefalzt, wie wir dies früher schon bei den Dachkehlen angeführt haben, damit auch durch den Wind kein Wasser in das Innere getrieben werden kann. Oberhalb bekommen die das Blech überdeckenden Ziegel, die gewöhnlich bogenförmig verhauen werden, eine Kalkleiste, auf der sie ruhen, damit die darauf folgende Schicht nicht klafft.

Zur besseren Befestigung der ganzen Luke, und damit die Erschütterungen beim Öffnen und Schließen des Fensters den Kalkverstrich nicht losrütteln, werden an jeder Seitenwange einige starke Blechstreifen m n, Fig. 4, angelötet und mit Nägeln an den Sparren befestigt.

Unterhalb, wo das Dachfenster bei l, Fig. 4, auf den Ziegeln aufsteht, läßt man diese nach innen ca. 4 cm vortreten, um hier einen Mörtelverstrich und auch wohl eine kleine Blechrinne anzubringen, in der sich das an dem Fenster etwa herablaufende Schwitzwasser sammeln und durch kleinere blecherne Rohre nach außen, unter dem unteren Teile der Grundtafel hindurch abgeleitet werden kann. Bei einer auf diese Weise angeordneten Dachluke wird das oberhalb und zur Seite von der Dachfläche herablaufende Wasser von der durch die Grundtafel gebildeten nächsten Umgebung, die eine Vertiefung in der Dachfläche bildet, abgewiesen werden, und nur das wenige direkt von dem Dache der Luke ablaufende Wasser wird durch diese abzuführen sein.

Schließlich geben wir in Fig. 1066[1]) noch einige Ziegelformen der in England gebräuchlichen Deckungsmethode, die sich bei einfacher Technik in einem Material durch große Dauerhaftigkeit auszeichnet. Die Dachneigung beträgt in der Regel 45°; die Eindeckung geschieht entweder auf Schalung und Lattung von nur 1,2 × 2,5 cm Lattenstärke, oder auf starker Lattung allein bei 1,8 × 5,5 cm Lattenstärke. Die Entfernung der 5,5 × 1,2 cm starken Sparren beträgt 35 bis 40 cm.

Fig. 1066.



Die Ziegel sind rechteckig, haben zwei Nagellöcher und werden als Doppeldach eingedeckt; die Kehlen, Grate und Firste erhalten Formziegeleindeckung. Für die Traufkante werden besondere kurze Ziegel verwandt, und an den Ortgängen hat man Ziegel von 1½ facher Breite. Häufig werden Ziegel ohne Nasen nur auf Schalung aufgenagelt, doch wird dadurch das Nachstecken unmöglich, bezw. nur

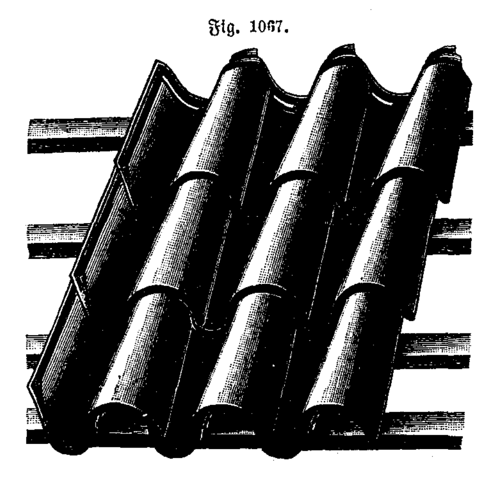
1) Centralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 550.

schwer und unvollkommen ausführbar. Alle Klempnerarbeiten werden in Blei, die Dachrinnen und Abfallrohre in Gußeisen ausgeführt.

§ 6.
Das Hohlziegeldach.

Hohlziegel, wie wir sie schon zur Eindeckung der Firste und Gräte beschrieben haben, sind früher auch zur Eindeckung ganzer Dachflächen benutzt worden. Man hängt dieselben mit ihrer konvexen Seite mittels der Nasen auf Latten, deren Weite danach bemessen ist, daß die Hohlsteine sich etwa 9—12 cm überdecken, verstreicht die Fugen zwischen zwei benachbarten Steinen mit Mörtel, wie solches Fig. 5, Taf. 97, im Querschnitt zeigt, und nennt solche Dächer dann Rinnendächer, weil die Fläche derselben aus lauter parallelen, von der First zur Traufe laufenden Rinnen besteht. Diese Dächer können nur so lange wasserdicht sein, als der Mörtelverstrich unbeschädigt bleibt, wozu vor allen Dingen eine solche Beschaffenheit desselben gehört, daß er der abwechselnden Nässe und Trockenheit und der Sonnenhitze widersteht. Finden sich nun auch diese Eigenschaften, so werden doch die nicht zu vermeidenden Bewegungen der Dachfläche ein Reißen und Losbröckeln des Mörtels veranlassen, so daß diese Dächer nur noch selten ausgeführt werden. Statt des Mörtelverstrichs deckt man die Fuge zwischen zwei benachbarten Hohlsteinen mit einem verkehrt, also mit der konvexen Seite nach oben gelegten Hohlsteine, wie dies aus Fig. 6 u. 7, Taf. 97,

Fig. 1067.



in Ansicht und Durchschnitt erhellt. Die deckenden Steine, auch Mönche genannt, werden auf den unteren, den Nonnen, durch einen Mörtelverstrich und dadurch gehalten, daß sich jeder obere gegen den unteren stützt, Fig. 6. Wenn ein solches Dach auch dem oben beschriebenen Rinnendache vorzuziehen ist, so bleibt es doch sehr mangelhaft, ist verhältnismäßig teuer, schon wegen der häufigen Reparaturen des Mörtelverstrichs und sehr schwer, weshalb es eines starken Dachgerüstes bedarf, und gewährt doch nicht die Dauer und Wasserdichtigkeit eines gut eingedeckten Biberschwanzdaches.

In neuerer Zeit werden diese Deckungen wieder ausgeführt mit sogenannten „Mönch-Nonnenziegeln“,[1]) bei denen Mönch und Nonne aus einem Stück bestehen, die wie die Falzziegel Kopf- und Seitenfalze besitzen, so daß die Deckung ohne Mörtel- oder Strohdichtung dicht wird; Fig. 1067 zeigt eine solche Deckung mit den „Mönch-Nonnenfalzziegeln“ von G. A. Wernicke in Berlin; die Lattung beträgt 35 cm.

Fig. 1068.

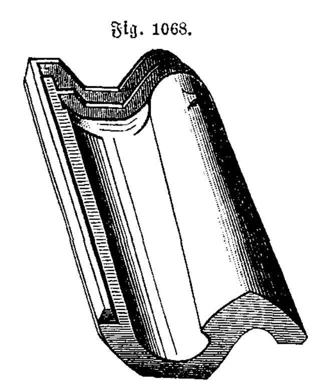


Fig. 1068 zeigt den ähnlich gestalteten „Siebert-Ziegel“ von Ludowici, der eigens für die Umdeckung des Schlosses Trausnitz bei Landshut konstruiert wurde; 14 Stück decken 1 qm, und der einzelne Stein wiegt 3,75 kg.

§ 7.
Das Dachpfannendach.

Dachpfannen sind im Querschnitt nach einem liegenden ∽ geformte Ziegel, die in einigen Gegenden noch häufig zur Dachdeckung gebraucht werden. Die Steine sind etwa 45—48 cm lang und 30 cm breit, und es wird 33—36 cm weit zu einem solchen Dache gelattet. Der Breite nach deckt ein Stein etwa 24 cm. Die Fig. 8 u. 9, Taf. 97, geben ein Bild von diesen Dächern, wobei wir noch folgendes bemerken wollen.

Die Steine werden mit untergelegten Schindeln (Spließen) oder auch ohne diese eingedeckt, jedenfalls aber überall sorgfältig mit Mörtel verstrichen. Auf die Firste und Gräte kommen Hohlsteine, wie bei den Biberschwanzdächern, zu liegen. Innerhalb verstreicht man jeden Stein, außerhalb aber nur die unterste und oberste Schicht des Daches und die beiden Schichten zunächst der Borde, welches Verfahren bei Eindeckung der Dachluken ebenfalls befolgt wird. Diese Dächer sind leichter als die Kronen- und Doppeldächer, müssen aber alljährlich im Verstrich repariert werden und kosten daher sehr viel Mörtel, besonders wenn die Pfannen krumm und schief sind, wodurch große Fugen entstehen. Um ein solches Dach gut eindecken zu können, ist es durchaus nötig, auf gerade Ziegel zu halten und alle windschiefen auszuschließen. Außerdem muß jeder Ziegel mit seiner Seitenkante scharf an den schon liegenden benachbarten Ziegel angesetzt werden, zu

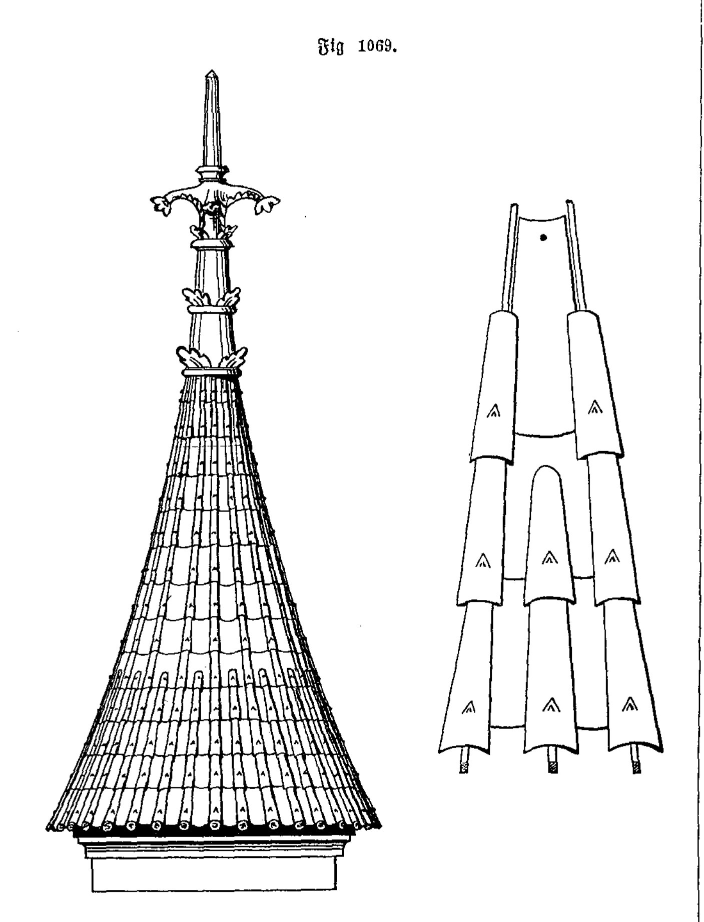
1) Bei Ludowici „Siebert-Ziegel“ genannt.

welchem Zwecke diese Seitenkante mit dem Hammer geschärft werden muß, damit die Fuge möglichst dicht werde. Dies Verfahren nennen die Ziegeldecker das Krempen. Es erfordert mehr Zeit als das gewöhnliche Eindecken, giebt aber auch ein besseres Dach und erspart durch die nun weniger klaffenden Fugen an Mörtel, sowie es das feuergefährliche und daher verbotene Einlegen von Strohwiepen (dünnen Strohbüscheln) in die Seitenfugen entbehrlich macht.

Eine Abart dieser Dachpfannen sind die sogenannten Breit- oder Krempziegel, wie ein solcher in Fig. 10, Taf. 97, dargestellt ist, und die in manchen Gegenden auf den Dörfern noch vielfach gebraucht werden. Die Eindeckung, Fig. 11, ist ganz so wie bei den eben beschriebenen Pfannendächern und bedarf daher keiner weiteren Erläuterung.

Eine ähnliche Eindeckung läßt sich für runde Türme mit den von Ludowici in Jockgrim gefertigten Schalenziegeln ausführen, Fig. 1069; um nach oben zu zu kleine

Fig 1069.



Teilungen zu vermeiden, werden in gewisser Höhe Übergangsziegel eingeschaltet, die von zwei Ziegeln auf einen Ziegel überführen.

§ 8.

Das italienische Dach.[1])

Ein solches, noch heute in Italien gebräuchliches Dach, besteht aus zwei ganz voneinander unabhängigen Lagen Ziegel; die untere aus 31 cm langen, 15,7 cm breiten und 2,9 cm starken, fliesenartigen Platten a a, Fig. 12, Taf. 97, wird „pianelle“ genannt. Diese liegen unmittelbar auf den schwachen, nur 36 cm von Mitte zu Mitte entfernten Dachsparren, werden mit Mörtelfugen versehen und bilden eine Art ebenen Pflasters. Auf dieses kommt eine Lage Plattziegel b b mit aufgebogenen Rändern nach ihrer Länge gleichlaufend mit den Sparren zu liegen. Diese Plattziegel, „tegole“ genannt, sind 42,5 cm lang, oben 33,2, unten 24,9 cm breit, die aufgebogenen Ränder 2,4 cm hoch und der ganze Ziegel 2,2 cm dick. Sie werden so gelegt, daß sie oben, wo sie am breitesten sind, mit ihren Rändern etwa 3 cm voneinander entfernt bleiben und sich von oben nach unten um 9 cm überdecken. Die Ränder dieser Plattziegel werden mit Hohlziegeln C C, Fig. 12, „canali“ genannt, 42,5 cm lang, am dickeren Ende 24 cm, am dünneren 17,5 cm im Durchmesser und von 3,3 cm Wandstärke, überdeckt, indem die konvexen Seiten nach oben und die dickeren Enden nach unten gekehrt sind. Gewöhnlich werden nur die untersten Reihen der tegole und canali in Mörtel gelegt, doch wenn man besondere Dauer und Dichtigkeit verlangt, so geschieht dies über die ganze Dachfläche, wodurch ein solches Dach eine große Widerstandsfähigkeit erhält. Die Neigung dieser italienischen Ziegeldächer beträgt gewöhnlich $^1/_5$ der Gebäudetiefe, selten mehr als $^1/_4$ oder weniger als $^1/_6$.

Im deutschen Klima dürfte diese Deckungsart den Anforderungen nicht genügen. Bei der mangelnden Befestigung der Ziegel darf die Dachneigung nicht groß sein, und bei allmählichem Auftauen der Schneemassen würde die geringe Überdeckung der Ziegel von etwa 5 cm nicht hinreichen, um Dichtigkeit zu erzielen. Auf der losen Lage der Ziegel beruht aber die geringe Schwierigkeit, mit der sich Ausbesserungen ausführen lassen. Auch die vielen Hohlräume unter den Deckziegeln würden bei den starken Fröſten in Deutschland verhängnisvoll werden. Überhaupt wird sich, wenn man auf das, durch ein so schweres italienisches Dach bedingte starke Dachgerüst und die dadurch vermehrten Kosten Rücksicht nimmt, ein flaches, mit Metallblechen eingedecktes Dach kaum teurer stellen, und ein solches dürfte dann doch den Vorzug verdienen.

---

1) Diese Deckung ist eine Nachahmung der antiken Eindeckungsweise; siehe Handbuch der Architektur, II. Teil, I. u. II. Bd.

§ 9.

Das Falzziegeldach.

Da bei einfacher Überdeckung der Plattziegel die Dachdeckung nicht genügend dicht ist, dagegen bei doppelter Überdeckung das Dachgerüst stark belastet wird, so hat man versucht, Ziegel zu konstruieren,[1] die Dichtigkeit mit Leichtigkeit verbinden. Solche Ziegel, die in neuerer Zeit immer mehr Eingang finden, sind die Falzziegel, die ihren Namen von den einfachen oder doppelten Falzen haben, die an den Ziegelrändern ineinander passend angebracht sind und so ohne Anwendung von Dichtungsmitteln eine dichte Eindeckung gestatten.

Hauptbedingungen für die Güte dieser Dächer sind:

a) Inniger Zusammenschluß der einzelnen Ziegel in den Falzen,
b) Luftdurchlässigkeit von innen nach außen,
c) Dichtigkeit gegen Regen und Schnee,
d) Widerstandsfähigkeit gegen Wind.

Diese Bedingungen müssen ohne künstliche Dichtungsmittel erfüllt werden, wobei ein in jeder Beziehung vorzügliches Material Voraussetzung ist; die Steine müssen aus bestem Thon bis zur Sinterung gebrannt und dürfen nicht windschief sein. Dichtungsmittel, wie Kalk und Cement, sind bedenklich, da das Material, aus dem die Falzziegel bestehen, beim Temperaturwechsel ein anderes Verhalten zeigt als die Dichtungsmaterialien.[2] Die dadurch entstehende ungleiche Ausdehnung hat entweder ein Zerspringen der Ziegel oder ein fortwährendes Abfallen des Dichtungsmaterials zur Folge. Dadurch geht aber auch der große Vorzug eines guten Falzziegeldaches, keiner oder nur sehr seltener Ausbesserungen zu bedürfen, verloren, und bringt den Nachteil mit sich, daß ein etwaiges Auswechseln der Ziegel erschwert ist, und daß wegen Mangel an Ausgleich zwischen der inneren und äußeren Luft die Bildung von Schwitzwasser an der Unterseite der Ziegel begünstigt wird, wodurch beim Fehlen anderweitiger Lüftungsvorrichtungen das Holzwerk des Daches allmählich zum Stocken und Faulen gebracht wird.[3]

Von den vielen seit Einführung der Falzziegel erfundenen Formen scheinen vornehmlich die in neuerer Zeit immer mehr Aufnahme findenden **Muldenfalzziegel** bei gutem Material und sorgfältiger Herstellung den Anforderungen am meisten zu entsprechen. Während die sogenannten französischen Falzziegel allerlei Verzierungen, Erhöhungen und Einschnitte zeigen, die den raschen Wasserabfluß und den Absturz des Schnees hindern, das Ansetzen von Moos u. dergl. befördern, und so die Einwirkungen des Frostes begünstigen, und während die Strangfalzziegel nur Seiten- und keinen Kopfverschluß gestatten, zeigen die Muldenziegel mit ihren kräftigen Mittelstegen von der First bis zur Traufe durchgehende glatt verlaufende Rinnen und gestatten die Herstellung dicht schließender Überfalzungen an allen Rändern.

Die an den Falzziegeln angebrachten Erhöhungen dienen nicht nur zur Verzierung und Belebung der Fläche, sondern teils als Schutz gegen Verziehen beim Trockenprozeß und teils als Verstärkung. Die meist doppelten Querleisten, die sich auf der Untersicht des Ziegels am unteren Ende und auf der Oberfläche am oberen Ende befinden und zur Herstellung des Kopfverschlusses dienen, schützen ebenfalls gegen das Verziehen der Ziegel beim Trocknen.

Die Höhe der Wasserfalze soll ca. 8 mm, die Breite ca. 30 mm betragen; sie sollen so hergestellt sein, daß sie beim Verladen, Transport u. s. w. nicht leicht beschädigt werden können.

Die Falzziegel decken entweder parallel oder im Verband oder sind für beide Eindeckungsarten geeignet. Die Paralleldeckung hat den Vorzug, daß keine halben Ziegel nötig sind, und daß am unteren Ziegelrande keine oder nur eine kleine das gleichmäßige Verlegen der Ziegel sichernde Aussparung vorhanden sein muß, wogegen die Verbanddeckung einen größeren Ausschnitt erfordert. Bei richtiger Konstruktion der Ziegel ist jedoch die Dichtheit bei Parallel- und Verbanddeckung gleich gut und es haben sich bei den Ausführungen keine Unterschiede bemerkbar gemacht.

Die Dachneigung, die für das Gelingen der Falzziegeldeckung von wesentlichem Einfluß ist, wird am besten zwischen $1/2$—$1/6$ (als Minimum) der Gebäudetiefe gewählt, je nach der Form der Steine und der Länge der Sparren; denn je länger die Sparren, um so größer sollte die Neigung sein, um einen raschen Wasserabfluß zu ermöglichen. Ebenso bedingen Dächer mit vielen Kehlen, Erkern und sonstigen Vorsprüngen, die den Wasser- und Schneeabfluß hemmen, steilere Dachneigungen, wie glatt durchlaufende Dachflächen. Dabei sollte die Neigung stets so gewählt werden, daß die Sparrenlängen den Lattenweiten entsprechen, um volle Ziegelreihen zu erhalten.

Sorgfältiges Latten ist Hauptbedingung für dichtes Decken; man verwende hierzu eine Lattenlehre, Fig. 1070, und begnüge sich nie mit dem Abschnüren durch den Zimmermann, da dabei stets gebogene Linien entstehen. Zur Ausgleichung der unvermeidlichen kleinen Differenzen müssen die Seitenfalze der Ziegel einen Spielraum von ca. 3 bis

1) Das älteste Falzziegelmodell wurde den Gebrüdern Gilardoni in Altkirch, Elsaß, im Jahre 1841 patentiert.
2) Deutsche Bauzeitung 1882, S. 345.
3) Ebenda 1891, S. 416.

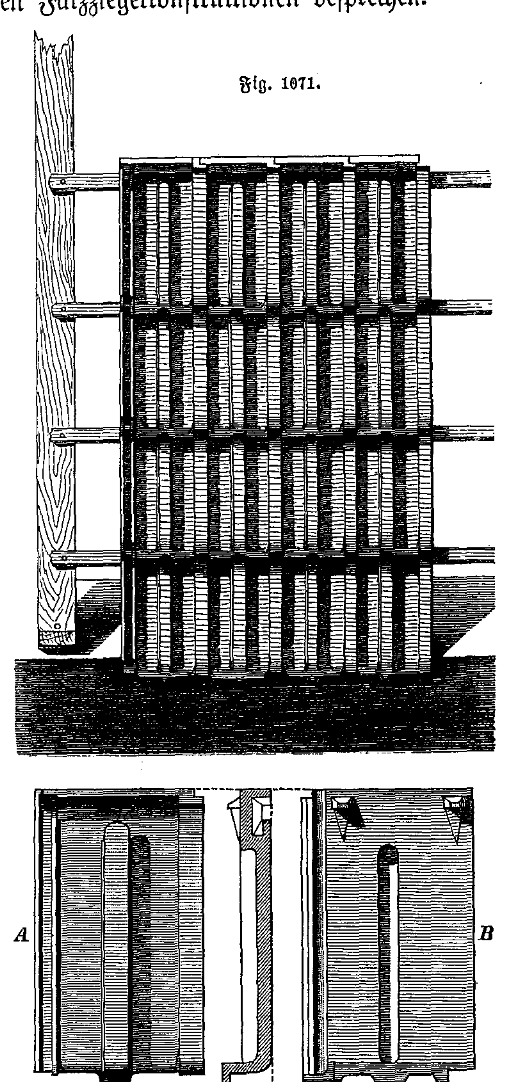
5 mm und die Kopffalze einen solchen von ca. 12—15 mm gestatten.

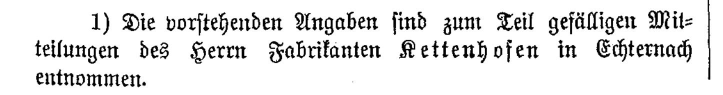
Fig. 1070.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß ein richtig konstruierter Falzziegel am Kopfende ca. 4—5 mm höher sein soll als am unteren Ende. Durch diese Anordnung wird ein guter tiefer Kopfverschluß erreicht, dem an dem unteren Ziegelende befindlichen Querleisten in Bezug auf gute Materialverteilung Rechnung getragen und hierdurch ein gleichmäßiges Trocknen und Schwinden des Ziegels gesichert.[1])

Wir wollen nunmehr einige Hauptformen der verschiedenen Falzziegelkonstruktionen besprechen.

Fig. 1071.

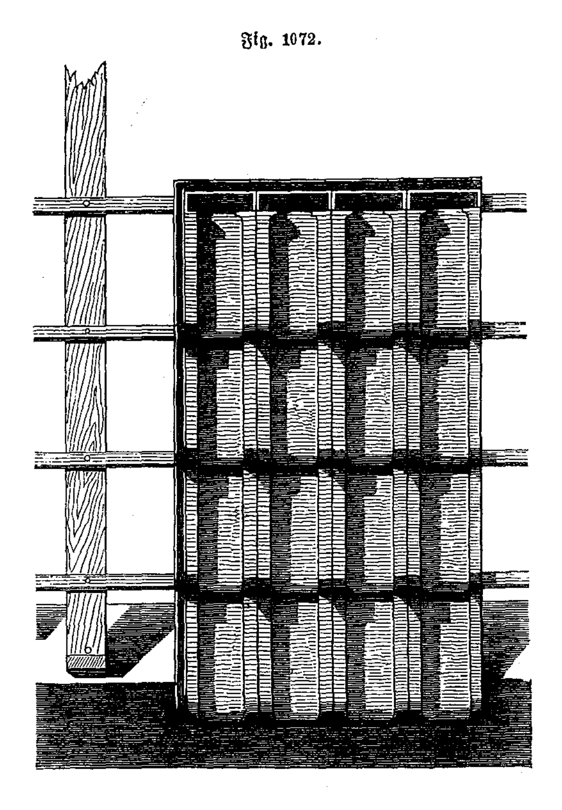


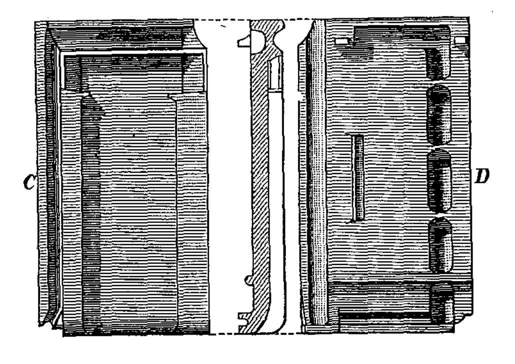


1) Die vorstehenden Angaben sind zum Teil gefälligen Mitteilungen des Herrn Fabrikanten Kettenhofen in Echternach entnommen.

Fig. 1071 zeigt einen der ersten von Gebrüder Gilardoni in Altkirch hergestellten Steine. Der Ziegel ist 24 cm breit, 41 cm lang, hat 2 Nasen zum Anhängen an die Latten, die von Oberkante zu Oberkante 34 cm entfernt stehen, und besitzt links einen 1,5 cm breiten und

Fig. 1072.







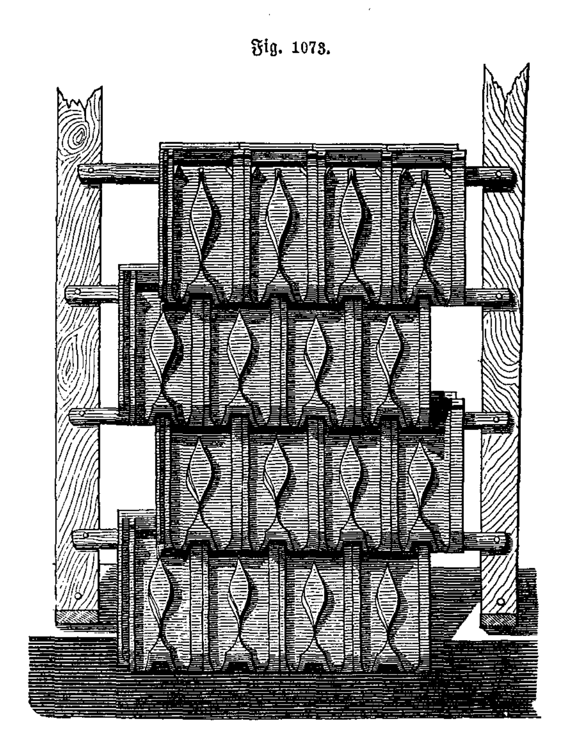
tiefen Falz zwischen zwei feinen Randleisten, die über die äußere Fläche des Ziegels vorspringen. Der in der Ziegelmitte vortretende Steg stellt auf der Ziegeloberfläche zwei Kanäle her, welche den Abfluß des Regenwassers fördern, während zugleich dieser Steg als Verstärkungsrippe an-

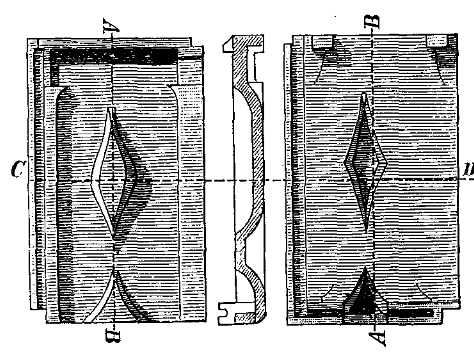
gesehen werden kann, welche den Ziegel beim Brennen gegen das Werfen oder Verziehen schützt.

Ein Ziegel wiegt 2,7 kg; 14 Stück decken 1 qm.

Besser als dieser ist der Gilardonische Falzziegel Modell Nr. 3,[1]) Fig. 1072, bei dem der Mittelsteg fehlt, die seitliche Überfalzung in einfacherer Art bewirkt und auch

Fig. 1073.





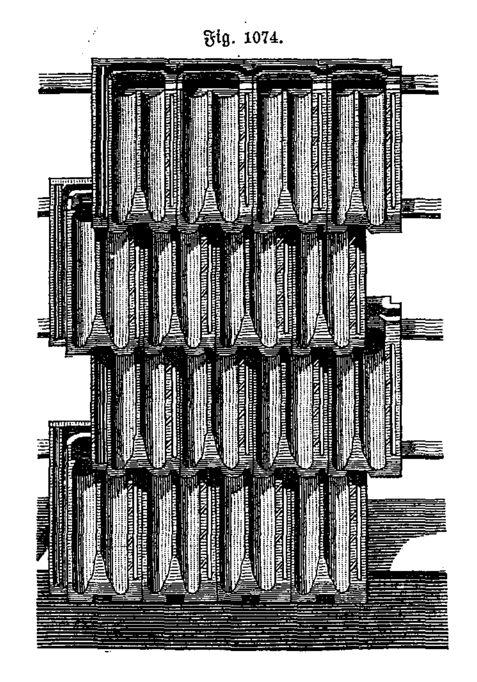


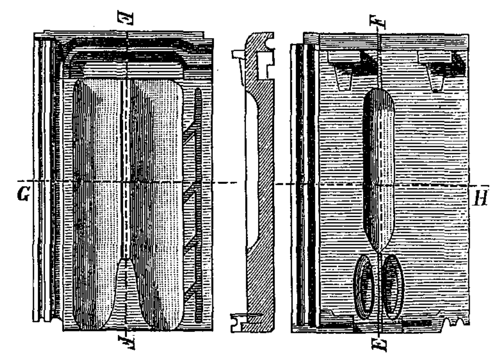
die obere und untere Kante mit einer solchen Falzung, und zwar einem doppelten Kopfverschluß, versehen ist. Ein Ziegel wiegt 2,7 kg, 15 Stück decken 1 qm. Sie haben Ansätze, die die Befestigung an Latten oder vorstehende Nägel gestatten, was am einfachsten mit einem Stück galvanisierten Drahtes geschieht.

Dieses Modell wird in ähnlicher Weise noch heute überall, besonders von den Siegersdorfer Werken, hergestellt.

Fig. 1073 zeigt den sogenannten französischen Rauten- und Herzfalzziegel, und zwar das älteste, den Gebrüdern

Fig. 1074.







Gilardoni in Altkirch im Jahre 1841 patentierte Modell, das noch heute in allen Ländern hergestellt wird. Der Ziegel hat dieselben Abmessungen wie der in Fig. 1071 dargestellte, besitzt seitliche einfache Überfalzung und oben und unten eine Leiste zur Überdeckung, doch ist die untere Kante mit einer Erhöhung versehen und ausgeschnitten, um, da die Ziegel im Verband decken, der darunter liegenden Fugendecke der nächsten Ziegelreihe Platz zu machen,

1) Sogenannter Elsässer Parallelfalzziegel.

und das herabfließende Wasser von dieser Fuge nach der Mitte der Steine abzuleiten. Die mittlere rauten- oder auch herzförmige Erhöhung dient zur Verzierung und um dem Steine mehr Dauer zu geben, hat aber den Nachteil, daß sie das Ablaufen des Wassers und den Abrutsch des Schnees hindert und die Moosbildung befördert. Ein Ziegel

Fig. 1075.

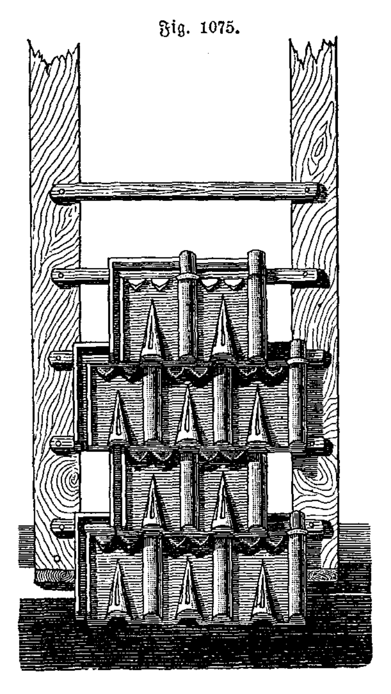


Fig. 1076.

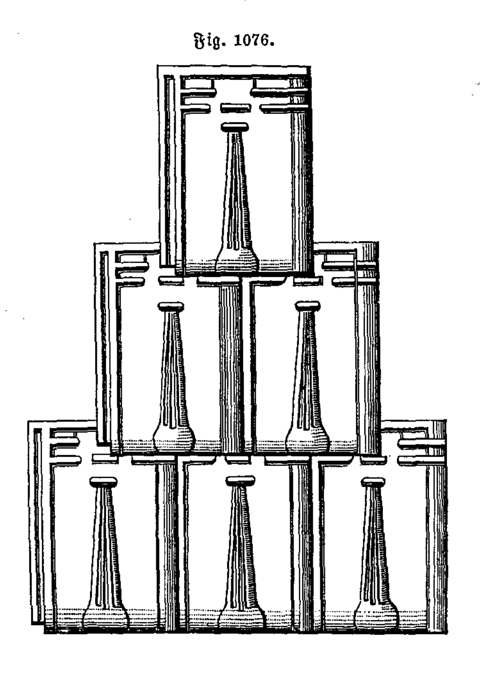
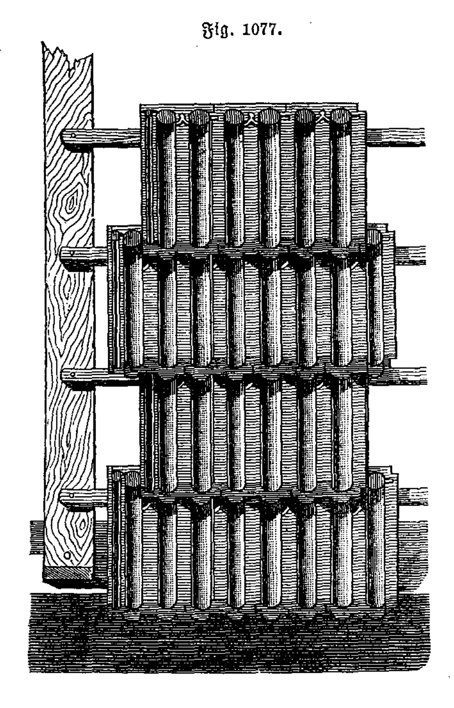
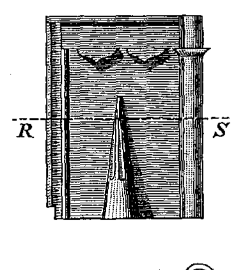


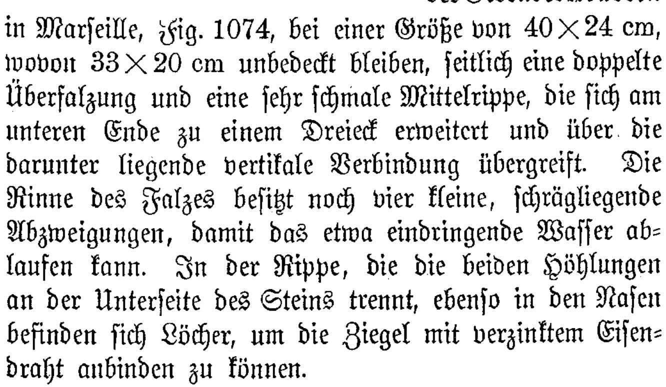
Fig. 1077.





wiegt 2,7 kg, die Lattweite beträgt 32,5 cm und 14 Ziegel decken 1 qm.

Dieser Ziegel bildete den Ausgangspunkt einer Menge von Verbesserungen. So zeigen die Ziegel der Gebrüder Martin in Marseille, Fig. 1074, bei einer Größe von 40 × 24 cm, wovon 33 × 20 cm unbedeckt bleiben, seitlich eine doppelte Überfalzung und eine sehr schmale Mittelrippe, die sich am unteren Ende zu einem Dreieck erweitert und über die darunter liegende vertikale Verbindung übergreift. Die Rinne des Falzes besitzt noch vier kleine, schrägliegende Abzweigungen, damit das etwa eindringende Wasser ablaufen kann. In der Rippe, die die beiden Höhlungen an der Unterseite des Steins trennt, ebenso in den Nasen befinden sich Löcher, um die Ziegel mit verzinktem Eisendraht anbinden zu können.



Die Ziegel, System „Boulet“, Fig. 1075, besitzen eine etwas abweichende Form, indem die Fugendecke die Wulstform zeigt, wie bei den Krempziegeln. Ähnliche Formen, jedoch mit doppeltem Kopfverschluß, werden in Deutschland von Ferd. Tenhompel & Block in Wesel gefertigt, Fig. 1076.

Die weitere Ausbildung dieser im Verband deckenden Ziegel führte zu den Muldenfalzziegeln, von denen wohl das Modell „Franon“, Fig. 1077, das älteste Beispiel



darstellt. Diese Ziegel besitzen auf der Oberfläche eine doppelte halbrunde Auskehlung mit stark vorspringender Mittelrippe; diese Vertiefungen bilden von der First bis zur Traufe durchlaufende Rinnen und stellen so eine Leitung her, die den raschen Abfluß des Wassers und den ungehinderten Abrutsch des Schnees begünstigen. Seitenfalzung und Kopfverschluß sind einfach; die obere Leiste liegt in gleicher Höhe mit der Mittel- und den Seitenrippen, die der unteren ist den Auskehlungen entsprechend

gebogen. Die Mittelrippe enthält oben eine Vertiefung mit zwei seitlichen Kanälchen, und der Verbindungssteg hat auf der Rückseite Löcher zur Drahtbefestigung.

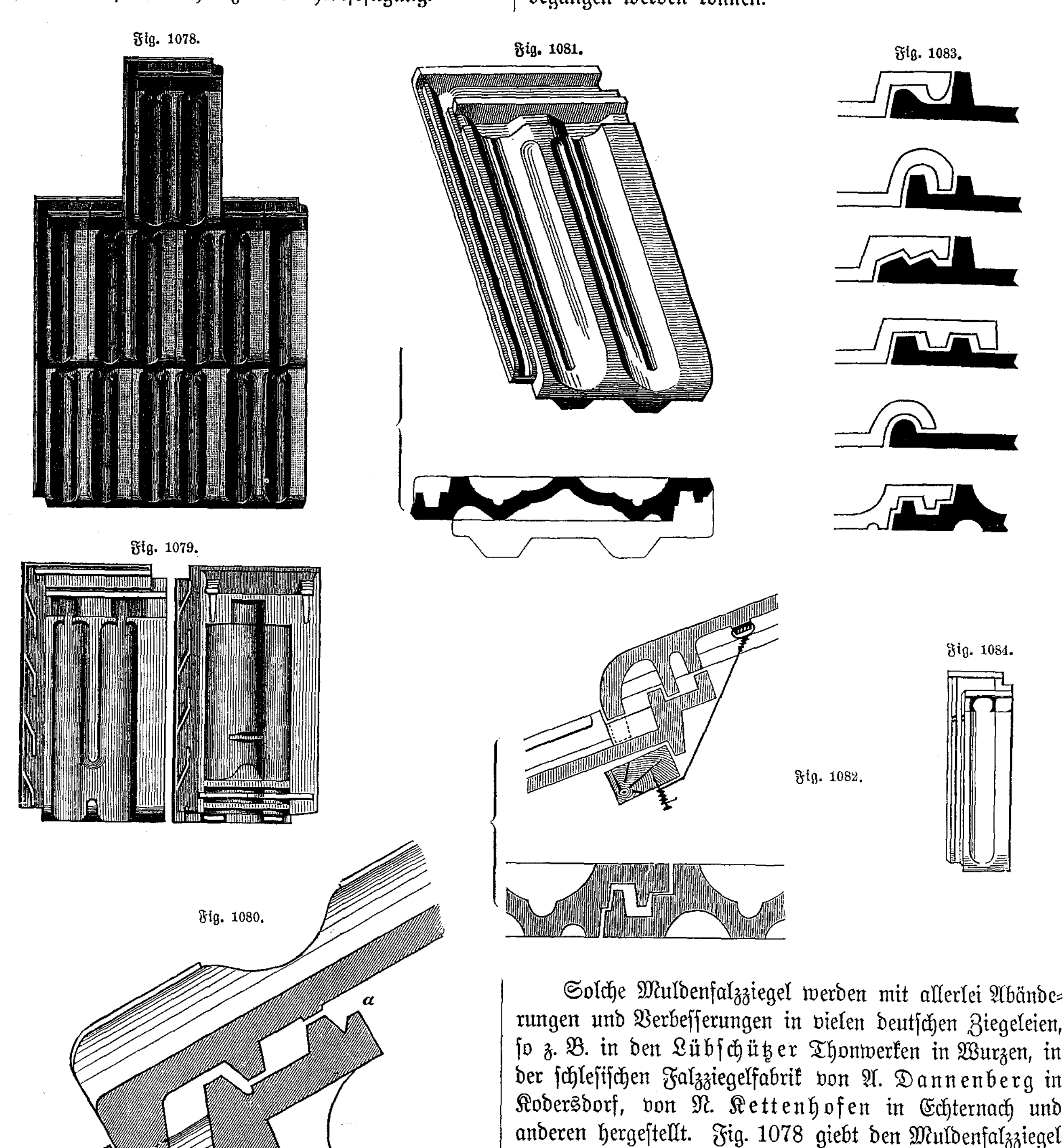


Fig. 1078. Fig. 1079. Fig. 1080. Fig. 1081. Fig. 1082. Fig. 1083. Fig. 1084.

Der starke Mittelsteg trägt zur Festigkeit wesentlich bei, so daß die Muldenziegel, die bei sorgfältiger Herstellung, an beiden Enden aufliegend, bis zu 250 kg tragen, von den Arbeitern ohne Gefahr des Durchbrechens begangen werden können.

Solche Muldenfalzziegel werden mit allerlei Abänderungen und Verbesserungen in vielen deutschen Ziegeleien, so z. B. in den Lübschützer Thonwerken in Wurzen, in der schlesischen Falzziegelfabrik von A. Dannenberg in Kodersdorf, von N. Kettenhofen in Echternach und anderen hergestellt. Fig. 1078 giebt den Muldenfalzziegel von Kettenhofen mit flachem Mittelsteg und doppeltem Kopfverschluß, der sich sowohl zur Parallel- wie zur Verbanddeckung eignet.

Fig. 1079 zeigt den vorzüglichen Muldenfalzziegel nach Patent Lesmeister-Kettenhofen in Auf- und Untersicht mit eigenartig konstruiertem Seitenfalz, doppeltem Kopfverschluß und einer am oberen Kopfende angebrachten kleinen Rinne a, Fig. 1080, im Querschnitt, die den Zweck

hat, das sich an der Unterfläche der Ziegel niederschlagende Wasser zu sammeln und in den Seitenfalz abzuführen (Dunstwasserrinne).

Einen gleichfalls vortrefflichen, durch Patente geschützten Muldenfalzziegel liefert Ludowici in Ludwigshafen a. Rh. und Jockgrim (Pfalz), Fig. 1081. Diese Ziegel besitzen rings eine vorzügliche doppelte Falzung, Fig. 1082, die sowohl das Eintreiben von Schnee, als auch das Überlaufen der Falze bei starken Regengüssen verhindert. Der Unterschied in der Überdeckungsweise der Ziegel wird am besten durch die in Fig. 1083 gegebene Übersicht der verschiedenen Falzkonstruktionen erläutert. In Fig. 1082 ist noch angegeben, wie ein Ziegel mit Draht angebunden werden kann auf Dächern, die dem Sturme sehr ausgesetzt sind; es genügt, wenn im Bereiche eines Quadratmeters je 5 Ziegel befestigt werden. Ein Ziegel wiegt 2,33 kg, 15 Stück decken 1 qm. Die Lattenweite beträgt 33,5 cm; zu unterst werden zwei Latten aufeinander gelegt, und die zweitunterste Lattenreihe soll mit ihrer Oberkante 30 cm von der Unterkante der Doppellatte abstehen.

Zu allen diesen im Verband zu legenden Ziegeln sind an den Enden Halbziegel notwendig; Fig. 1084 giebt den Ludowici-Halbziegel, der mit 2 Falzen geliefert wird, so daß er sowohl rechts als links gebraucht werden kann.

Fig. 1085. Fig. 1086.

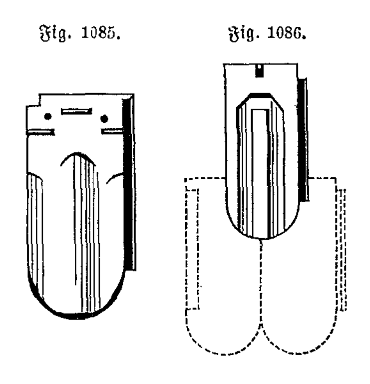
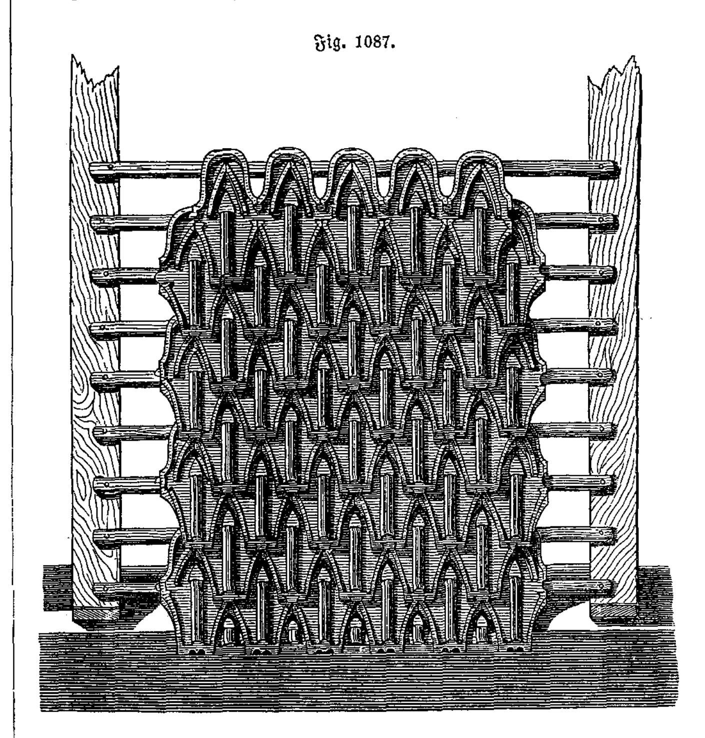


Fig. 1085 zeigt den Ludowici-Falzziegel für kleine Türmchen, 20 cm lang, $12^1/_2$ cm breit, so daß 40 Stück 1 qm decken, wobei auf 20 cm zu latten ist. Sie haben Falze und sind gegen Schnee sicher, aber nur für kleine steile Dächer verwendbar. Für ganz kleine und schmale Türmchen und auch für kleine Kuppeln in Zwiebelform, werden noch kleinere Ziegel, Fig. 1086, von 10 cm auf 15,5 cm gefertigt, die nach gelieferten Zeichnungen auch entsprechend gebogen werden; 64 Stück decken 1 qm.

Die Schuppenziegel, die in Deutschland wenig, in Frankreich aber große Verbreitung gefunden haben, erfordern wegen ihrer Kleinheit und den dadurch entstehenden vielen Fugen ein steiles Dach; gegenüber anderen Falzziegeldächern zeichnen sie sich durch ihr schönes Aussehen aus, woraus sich wohl auch ihre häufige Anwendung in Frankreich erklärt.

Fig. 1087.



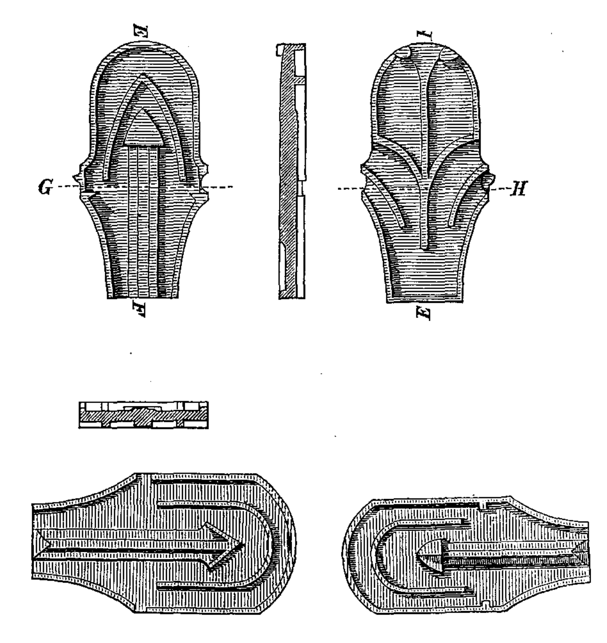
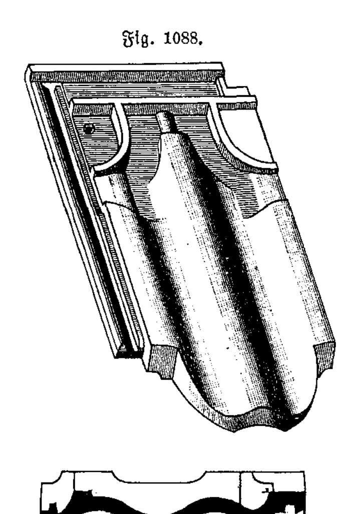


Fig. 1087 zeigt die Eindeckung mit den Schuppenziegeln von Deminuid, Pasquay & Blondeau. Der sichtbare Teil, der sich nach unten verjüngt, so daß zwei benachbarte Steine einen kleinen Spitzbogen bilden, hat an beiden Seitenkanten an der Unterfläche einfache Leisten, während der vom darüber liegenden Steine verdeckte Oberteil mit Doppelleisten versehen ist, die eine Rinne bilden

und das etwa eindringende Wasser auf die tiefer liegenden Ziegel abführen.

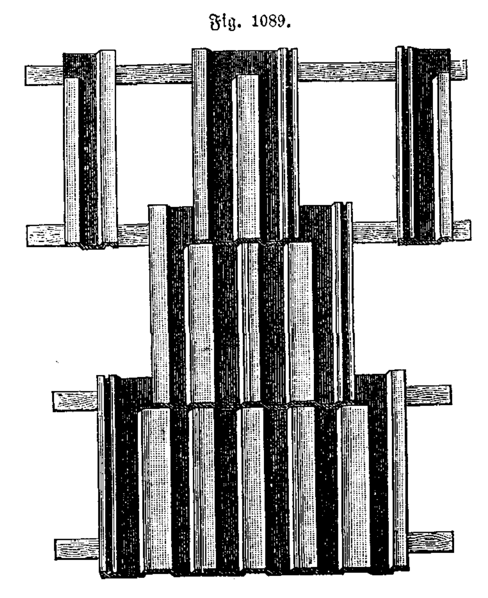
Ohne an der eigentlichen Konstruktion etwas zu ändern, kann man durch andere Gestaltung der äußeren Form eine Menge derartiger Schuppenziegel erfinden. Wir begnügen uns deshalb mit der einen französischen Konstruktion und geben noch in Fig. 1088 den sehr schönen Schuppenziegel von Ludowici, der mit einem Nagelloch versehen ist und demnach auf Schalung gedeckt und befestigt werden kann, was für steile Dächer und Türme von Wichtigkeit ist. Die Lattung ist 25 cm und 20 Ziegel decken 1 qm.

Fig. 1088.



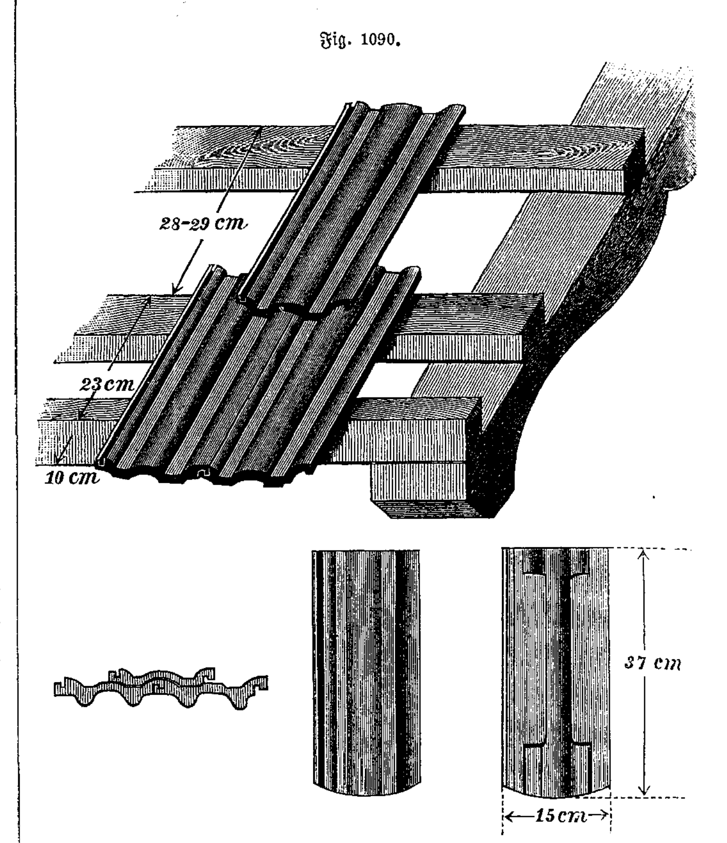
Die neueren Strangfalzziegel werden auf einer Ziegelpresse als ein endloses Band aus einem Mundstück, das dem Querschnitt des Ziegels entspricht, herausgepreßt, und die einzelnen Ziegel durch einen besonderen Abschneideapparat abgeschnitten, so daß das bei den französischen Falzziegeln notwendige Nachpressen vermieden wird. Diese Ziegel haben also nur Seitenverschluß, und zwar ist die Überfalzung nur gering, während der Kopfverschluß ganz fehlt, so daß die dichte Deckung, wie bei den französischen Falzziegeln, nicht zu erreichen und nur vorzüglich ebenes

Fig. 1089.



Material brauchbar ist. Der bekannteste ist der von Stadler in Zollikofen 1881 erfundene „Schweizer Parallel-Dachfalzziegel", der in Deutschland von der Ratsziegelei in Freierswalde geliefert wird, Fig. 1089, und sich bisher gut bewährt haben soll. Die Eindeckung erfolgt im Verbande, und greifen flache Mittelrippen über die Falze der tiefer liegenden Steine weg. Die Lattungsweite beträgt 33 cm, das Gewicht eines Ziegels 2,5 kg, und 16 Stück decken 1 qm. Die Falzziegel haben Nagellöcher, so daß sie an steilen und dem Sturme ausgesetzten Dächern befestigt werden können.

Fig. 1090.



Ähnliche Strangfalzziegel werden von den schlesischen Dachsteinfabriken G. Sturm in Freiwaldau geliefert, Fig. 1090, die sich einer großen Verbreitung in Posen, Westpreußen, Sachsen u. s. w. erfreuen sollen. Die Lattweite beträgt 27—28 cm, 27 Stück einschließlich Verbruch und Verhau decken 1 qm, und 1 qm der Deckung wiegt ca. 40 kg, also so viel, wie die zu 1 qm Einfachdach erforderlichen Biberschwänze.

Weiter geben wir in Fig. 1091 die Strangfalzziegel System Kretzner, und in Fig. 1092 System Dannenberg, das sich von dem vorhergehenden nicht wesentlich unterscheidet; beide decken im Verbande.

Die sogenannten Hohlstrangfalzziegel, System Eggimann, wie solche von den Friedrichsruher Thonwerken bei Hamburg und der Durlacher Dampfziegelei bei Karlsruhe geliefert werden, Fig. 1093, haben die Form der Biberschwänze und besitzen glatte Oberflächen, die bei

sorgfältigster Herstellung gut aufeinander lagern und ziemlich dichten Schluß ergeben. Eine gute Dichtung der Überdeckung ist durch eine locker gedrehte und durch frischen

Fig. 1091.

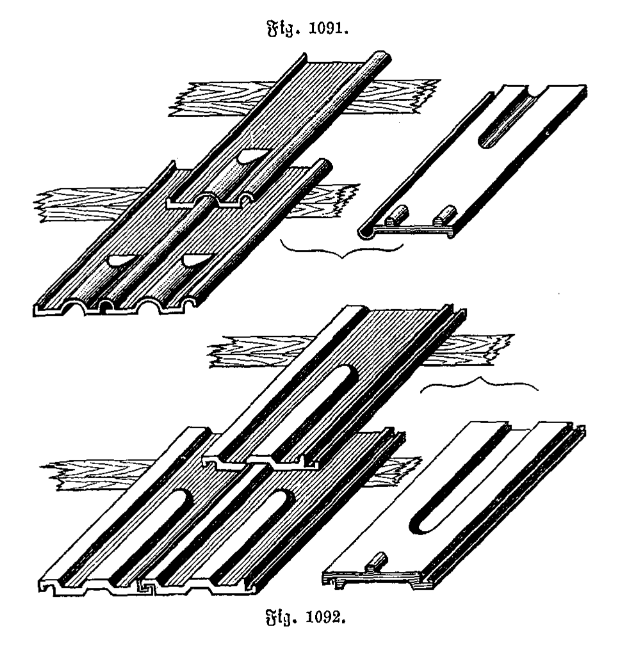
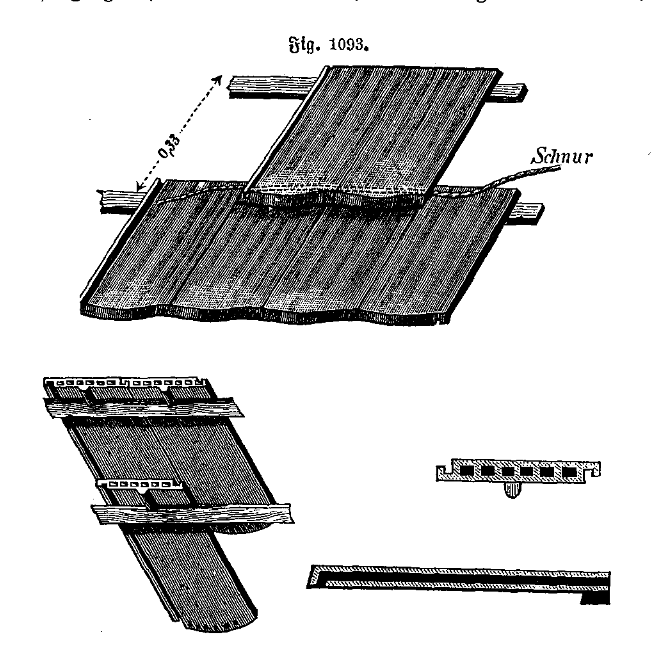


Fig. 1092.

Teer gezogene Schnur herzustellen, die zwischen die Überdeckungsflächen der Ziegelreihen gelegt wird, Fig. 1093. Diese Ziegel sind von einer Reihe von Längskanälen durch-

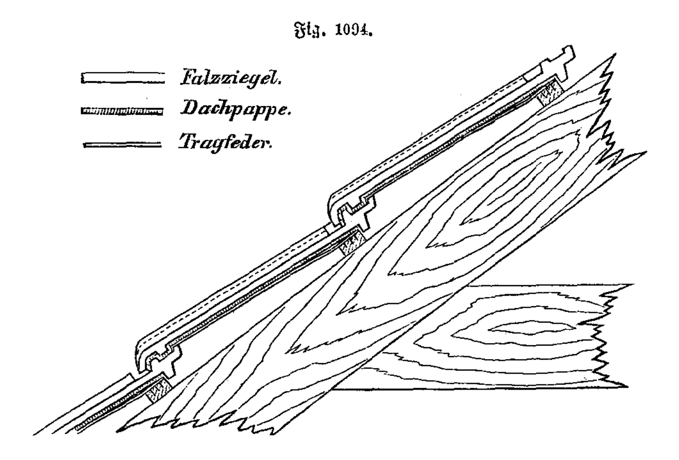
Fig. 1093.



zogen, die vor dem unteren Ende an der Unterseite ausmünden und den Vorteil einer reichlichen Lüftung des Dachraumes bieten, so daß sich diese Deckung insbesondere für landwirtschaftliche Bauten zu eignen scheint.

Im allgemeinen scheinen die Strangfalzziegel die an sie geknüpften Hoffnungen nicht erfüllt zu haben; die Schwierigkeit liegt vornehmlich darin, daß alle auf diese Art gepreßten schwachen und breiten Thonbänder beim Hartbrand stark zum Verkrümmen neigen, wodurch, da nur flache Falze und niedere Rippen angepreßt werden können, leicht Undichtheiten entstehen und Schnee und Regenwasser eindringt. Vollkommen ebene Platten sind deshalb Grundbedingung für das Gelingen der Deckung. Aber auch die besten Falzziegeldächer, insbesondere bei freier Lage, bieten keine Gewähr für völlige Dichtheit gegen das Eindringen von Staub, Ruß und feinem Flugschnee bei heftigen Stürmen. Der Übelstand wird auf einfache, sichere und billige Weise beseitigt durch die patentierte Hausensche Dachpappenunterdeckung, Fig. 1094,

Fig. 1094.



die bei allen Parallel- und Strangfalzziegeln anwendbar ist und sich vortrefflich bewährt hat. Die Dachpappstreifen, die den einzelnen Ziegelbahnen folgen, werden auf je 2 bis 3 Ziegelbreiten durch verzinkte eiserne Tragfedern unterstützt, die unten auf den Ziegeln und oben auf den Latten aufliegen. Die Deckung ist dicht und sturmsicher und gestattet geringere Dachneigung als das einfache Falzziegeldach.

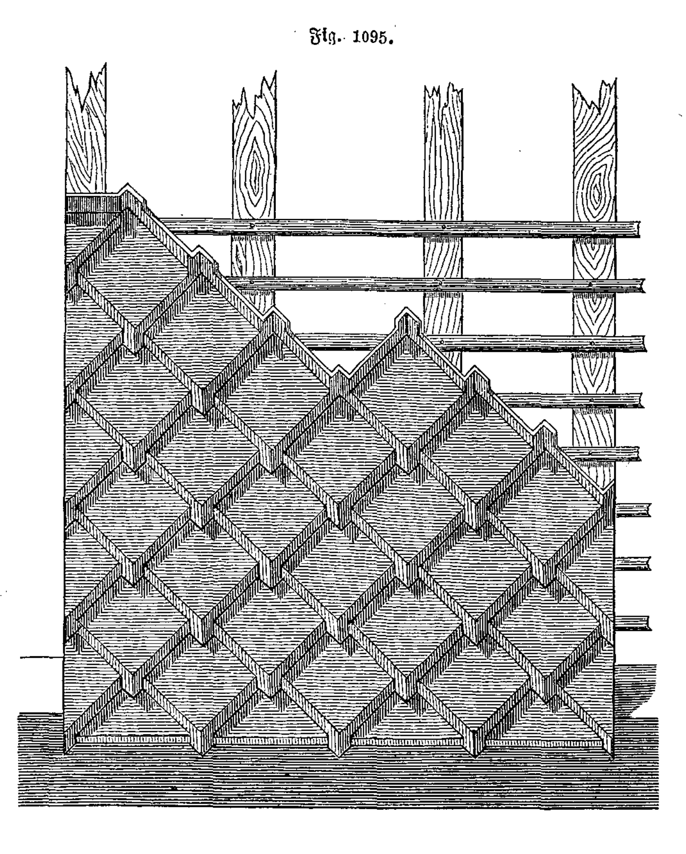
Außer den bisher besprochenen Formen der Falzziegel sind noch anzuführen die rautenförmigen Falzziegel, deren einfachste Form das System Courtois, Fig. 1095, zeigt. Die Ziegel haben eine quadratische Form, die beiden oberen Kanten sind mit zwei nach außen, die unteren mit nach innen vortretenden Leistchen versehen; an der oberen Spitze befindet sich eine Nase und eine Stützleiste, an der unteren Spitze eine Art Widerhaken, der über die Stützleiste des tiefer liegenden Steins weggreift, wie sich auch die langen Leisten gegenseitig überdecken. Der Ziegel mißt 27×27 cm und deckt 23×23 cm.

Eine ähnliche Form zeigt der Ziegel von Ducroux, Fig. 1096, der jedoch eine mehr längliche Form und eine erhöhte Mittelrippe besitzt und an den beiden unteren Kanten mit doppelter Kehlleiste versehen ist, die über

die einfachen Randleisten der Oberkanten des darunter liegenden Ziegels greift und so eine bessere Überfalzung ergiebt.

Die rautenförmige Form der Steine hat wohl den Vorteil, daß sich das Wasser auf ihnen an den tiefsten Punkten sammelt und von da auf die darunter liegende Platte geleitet wird; dieses Abfließen nach der schrägen Richtung der Verbindungen bringt es aber mit sich, daß das Wasser von der First bis zur Traufe eine gebrochene Linie beschreibt, und daß der Abfluß nach den Punkten der vierfachen Verbindung, d. h. nach den schwächeren Stellen, erfolgt, wo das Eindringen am meisten zu fürchten ist. Auch läßt das einfache Übereinandergreifen der Leisten nur bei sehr geraden und ebenen Platten die Dichtigkeit der Fugen erwarten.

Fig. 1095.



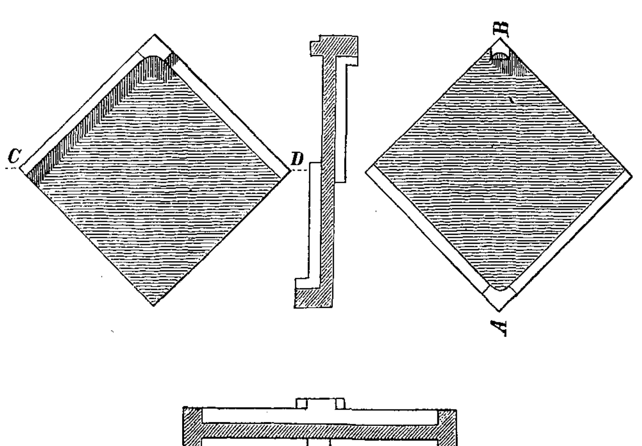
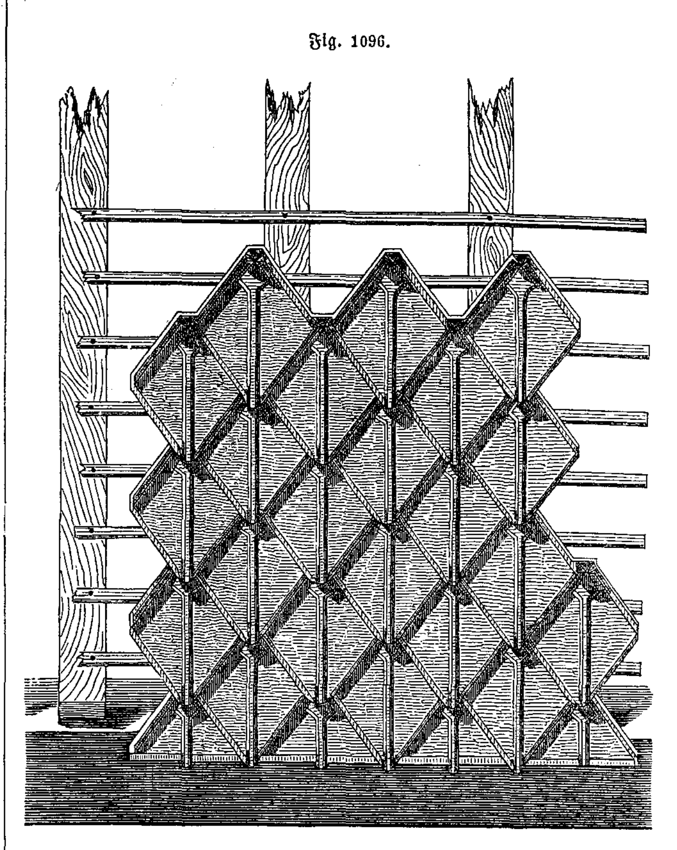
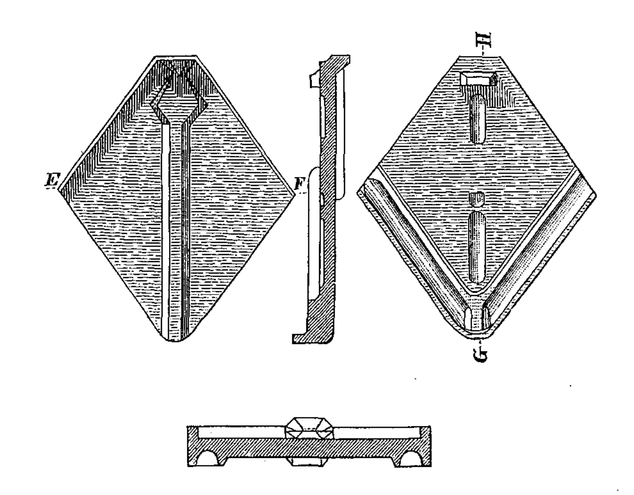


Fig. 1096.





Derartige Ziegel werden in Deutschland gewöhnlich in Cementmasse, Fig. 1132, selten in Thon hergestellt, wogegen sie in England und Frankreich häufiger verwendet werden, obgleich sie den anderen Formen nachstehen.

§ 10.

Besondere Formsteine zur Abdeckung von Firsten, Gräten u. s. w. bei den Falzziegeldächern.

Die Formsteine zur Eindeckung der Firste sind den gewöhnlichen Holzziegeln nachgebildet und deshalb denselben mehr oder weniger ähnlich.

Fig. 1097.

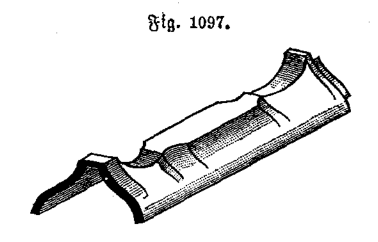


Fig. 1097 zeigt einen einfachen Firstziegel von Ludowici, der 50 cm lang ist und Falze besitzt, die übereinander binden; auf seiner Innenseite ist noch eine Nase zum Anbinden angebracht.

Fig. 1098.

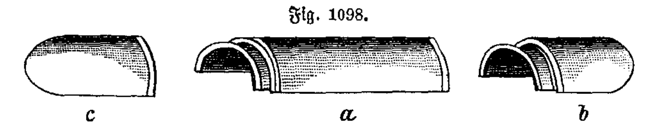
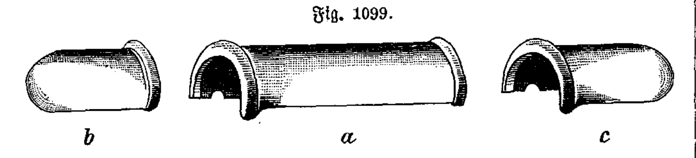


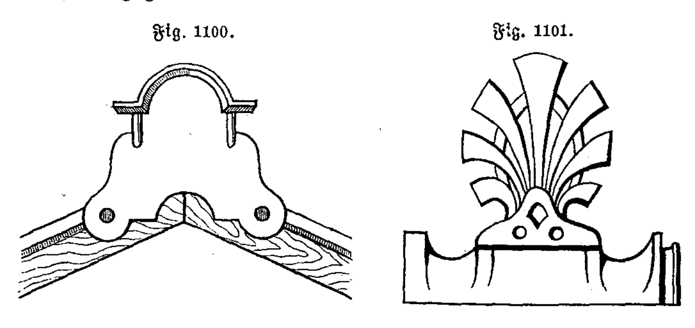
Fig. 1098a zeigt eine einfachere Form mit Überfalzung, Fig. 1099a eine solche mit Wulst, wogegen in beiden Figuren in b die Anfänger und in c die zu-

Fig. 1099.



gehörigen Schlußsteine dargestellt sind (nach dem Prospekt der Siegersdorfer Werke). Doch kann die Endigung der Firstziegel bei freien Giebeln auch mit einem besonderen Giebelmittelstück erfolgen, wie solche z. B. Ludowici liefert, Fig. 1100.

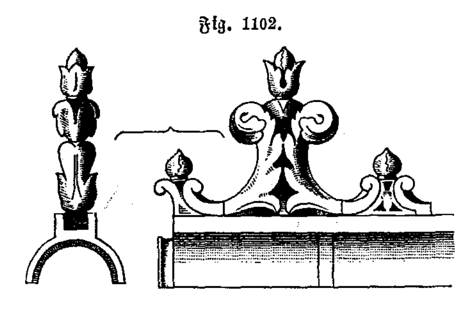
Fig. 1100. Fig. 1101.



Häufig werden die Firstziegel noch mit akroterienartigen Verzierungen versehen, die gewöhnlich aus einem besonderen Stücke hergestellt und in einem Falze des Firstziegels befestigt werden, Fig. 1101 u. 1102.

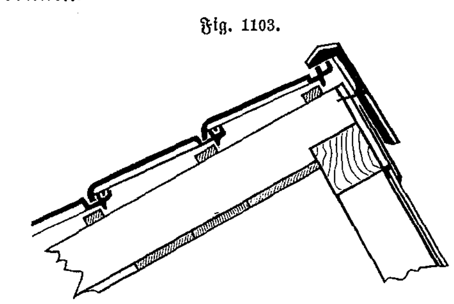
Für Sheddächer werden besondere Shedfirstziegel geliefert und auf der steilen Fläche angenagelt, wenn die

Fig. 1102.



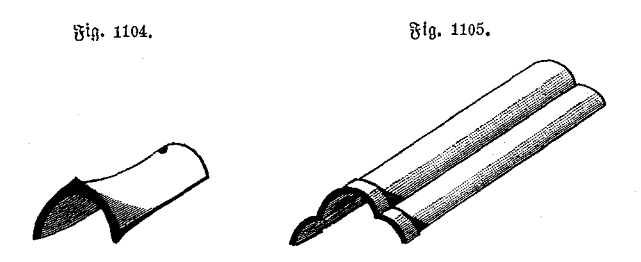
Lichtseite ganz mit Glas und Blech gedeckt ist, Fig. 1103, anderenfalls auch Gratziegel zur Firstdeckung verwendet werden können.

Fig. 1103.



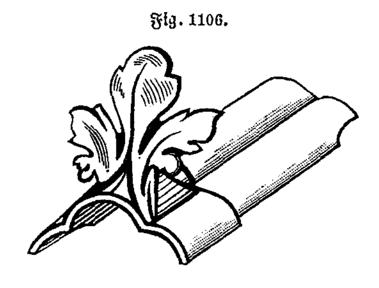
Ganz ähnlich ist die Anordnung der Gratziegel,[1]) Fig. 1104 u. 1105, die mit Nägeln oder Draht auf den

Fig. 1104. Fig. 1105.



Gräten der Walmdächer und Türme befestigt werden; Fig. 1106 giebt einen Gratziegel von Ludowici mit Verzierung.

Fig. 1106.

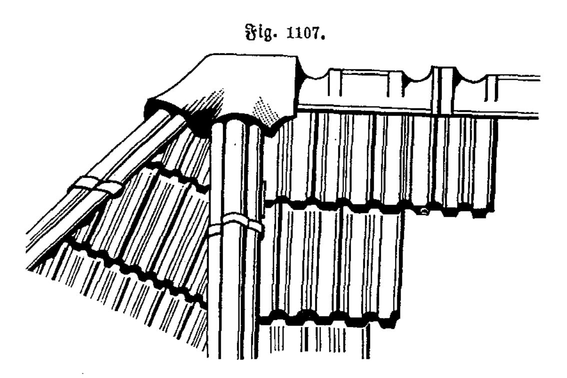


Am Zusammenschnitt des Firstes mit den Gräten werden sogenannte „Glocken“ aufgestülpt, die die Enden der einmündenden First- und Walmziegel in sich auf-

1) In den Prospekten „Walmziegel“ genannt.

nehmen, Fig. 1107; diese Glocken können zugleich als Träger einer Spitze oder einer Kreuzblume dienen, Fig. 1108 u. 1109.

Fig. 1107.



First- und Gratziegel erfordern zur Gewinnung eines dichten Anschlusses an beiden Kanten ein Mörtellager,

Fig. 1108. Fig. 1109.

Fig. 1110.

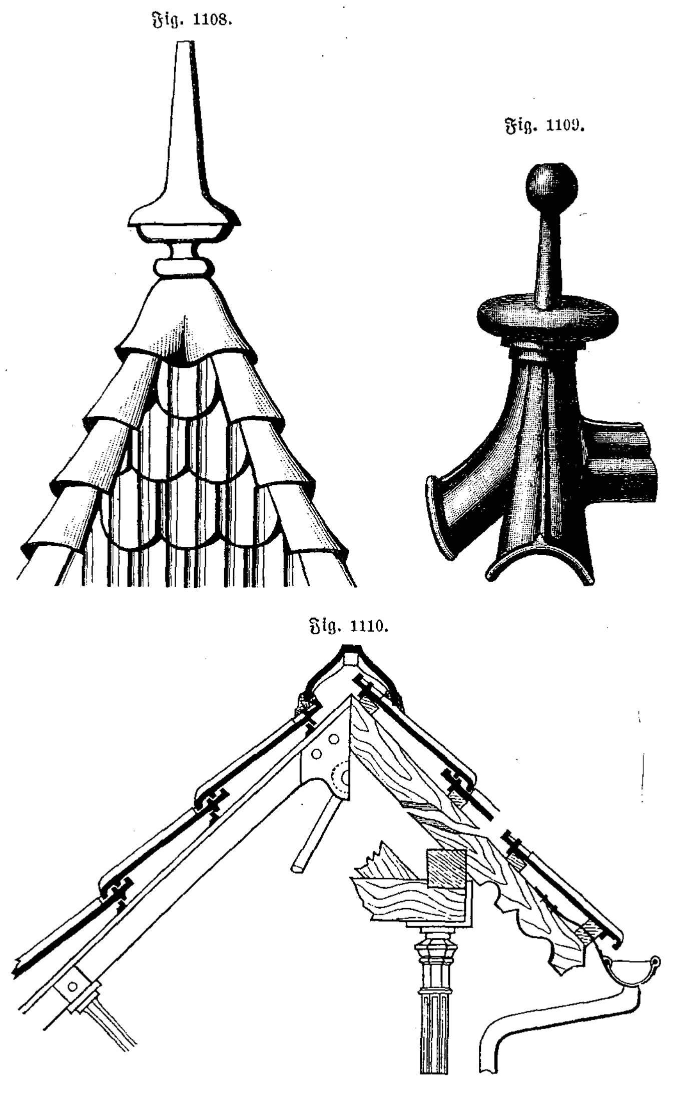
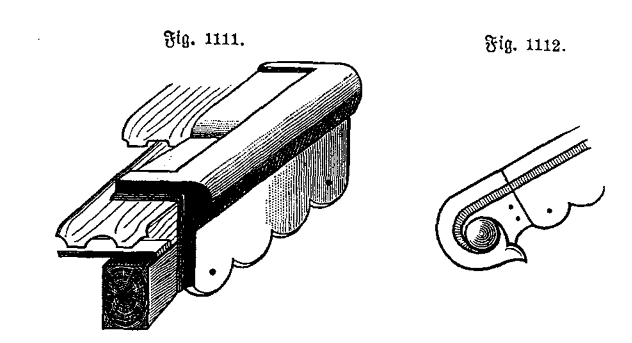


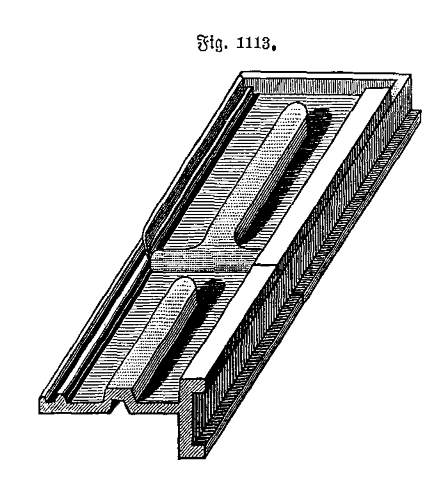
Fig. 1110, doch dürfen die Ziegel nicht satt im Mörtel sitzen, sondern dieser gehört nur beigestrichen, wie die Figur zeigt, so daß im Scheitel des Ziegels noch Luft bleibt, anderenfalls wegen der verschiedenen Ausdehnungsverhältnisse die Ziegel leicht springen.

Fig. 1111. Fig. 1112.



Zur Abdeckung der Seitenwände eines Daches liefert Ludowici Seiten- oder Giebelziegel, die die Windbretter der gewöhnlichen Biberschwanzdächer ersetzen und auch keine

Fig. 1113.



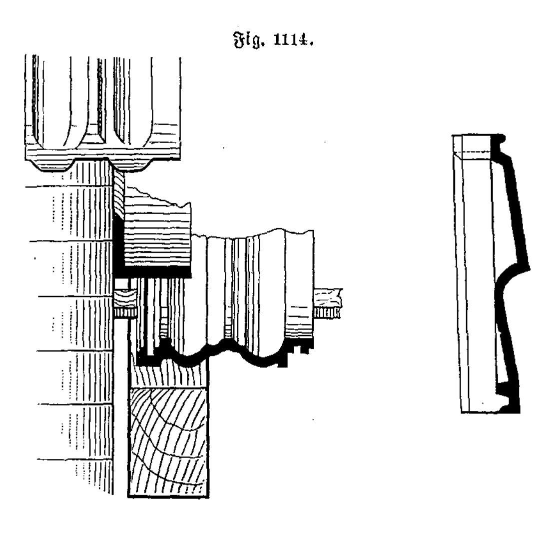
Einmörtelung erfordern, Fig. 1111. Für jede Ziegelreihe ist ein Seitenziegel notwendig, der um den Kopf der Ziegel herumgreift und seitlich am Sparren angeschraubt wird; am unteren Ende des Sparrens werden Giebelabschlußstücke, Fig. 1112, und am First Giebelmittelstücke, Fig. 1100, angebracht.

Eine andere Art solcher Bekleidungsplatten liefert Müller in Paris, Fig. 1113, die mit den Ortfalzziegeln aus einem Stücke bestehen.

Anschlüsse der Falzziegeldächer an aufgehende Mauern werden entweder wie bei den Biberschwanzdächern mit Einmörtelung unter Verwendung von Nuten oder vorkragenden Backsteinen ausgeführt, oder es werden besondere Decksteine mit aufrecht stehenden Lappen verwendet, wie solche z. B. Ludowici liefert, Fig. 1114; der senkrechte Lappen wird in Cementmörtel gegen die Wand gedichtet, während der auf den Ziegeln liegende Teil nur an der Fuge ein wenig mit Haarkalk gedichtet wird.

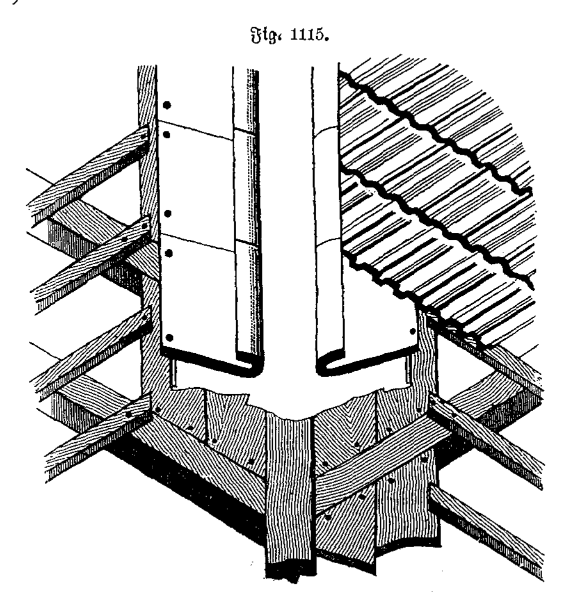
Das Eindecken der Dachkehlen ist mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, da alle anfallenden Dachsteine schräg behauen werden müssen. Damit die Steine sicherer

Fig. 1114.



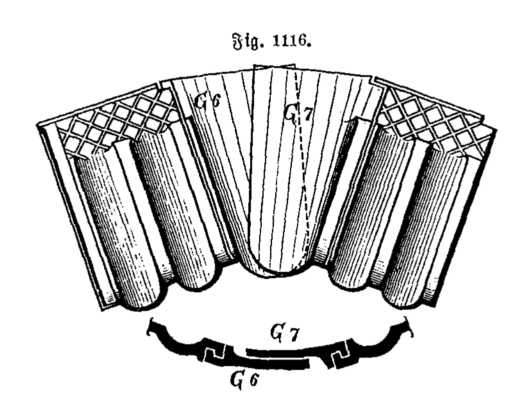
liegen, hat Ludowici besondere Kehlziegel angefertigt, die nach Fig. 1115 verlegt werden. Die Verschalung ist zwischen die Sparren einzuschneiden, die Kehle mit starkem Zinkblech in der gewöhnlichen Weise auszukleiden und die Kehlsteine sind dann außerhalb des Bleches zu nageln. Diese Kehlsteine sind mit Umkantungen versehen, in die sich die Falzziegel einschieben und die das eindringende Wasser rinnenartig ableiten. Das durch die Stoßfugen etwa einsickernde Wasser wird durch die Zink- oder Bleiauskleidung abgeführt.

Fig. 1115.



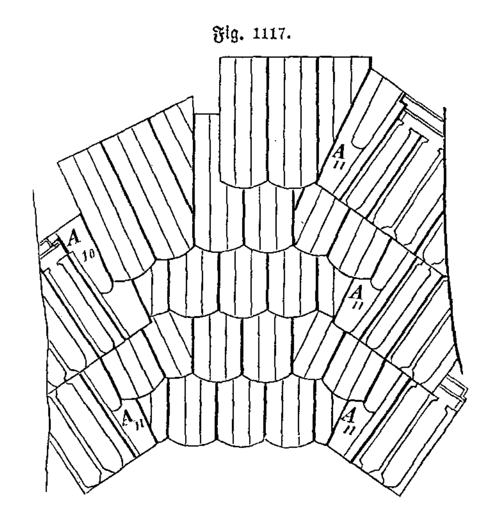
Einige Firmen, wie z. B. Dannenberg in Görlitz, liefern besondere Kehlziegel, die das Eindecken der Kehlen ohne besondere Zinkunterlage gestatten; Fig. 1116 zeigt eine solche Kehle mit besonders geformten, gesetzlich geschützten Steinen, sog. „Schieblingen" G_6 und G_7, von denen sich G_7 auf G_6 schieben und damit der Anschluß in der Kehle erreichen läßt. Bei der Anordnung Fig. 1117,

Fig. 1116.



ebenfalls von Dannenberg, ist die Kehle mit Biberschwänzen gedeckt, und deren Anschluß an die Falzziegel mit besonderen „Falzkehlziegeln" A_{10} und A_{11}, Fig. 1117 u. 1118, bewirkt.

Fig. 1117.



Mit Zuhilfenahme der Ziegel $E_8 = N$, Fig. 1118, läßt sich die Kehleindeckung auch in der in Fig. 1119 dargestellten Weise ausführen, wobei die Ziegel A_1 u. B den Kehlziegeln A_{10} u. A_{11}, Fig. 1118, entsprechen. Für den Anschluß an Zinkkehlen liefert Dannenberg besondere in der Unterfläche mit Nuten versehene Kehlziegel mit Kopffalzverschluß, Fig. 1120, die in der erforderlichen Größe leicht durch einige Hammerschläge in der passendsten Nute gespalten werden können, während die verbleibenden Nuten zum Festhalten des Mörtels dienen. Zum Anschluß an die Gräte werden ganz ähnliche Ziegel, jedoch mit Schwanzfalzverschluß geliefert, Fig. 1121, bei denen sich der obere Teil in der passendsten Nute spalten läßt. Dannenberg fertigt auch die sogenannten Schwenkziegel, Fig. 1122, die zur Eindeckung von runden Walmen,

Türmen u. s. w. bestimmt sind, und ebenso die sog. Kehlziegel, Fig. 1123, die zur Eindeckung von inneren kegelförmigen Dächern, „Kehldächern", wie bei Lokomotivschuppen, verwendet werden.

Fig. 1118.

Fig. 1119.

Fig. 1120.

Fig. 1121.

Zur Lüftung und Beleuchtung des Dachraumes dienen besondere Dachhauben, Fig. 1124 u. 1125, in verschiedenen Formen, die in ihrer Größe einer Anzahl Falzziegel entsprechen und sich in ihrer Konstruktion denselben genau anschließen, so daß sie an jeder Stelle eingelegt werden können.

Auch zur Durchführung von Lüftungs- und Rauchkaminen, zum Anbringen von Dunströhren, Deflektoren u. s. w.

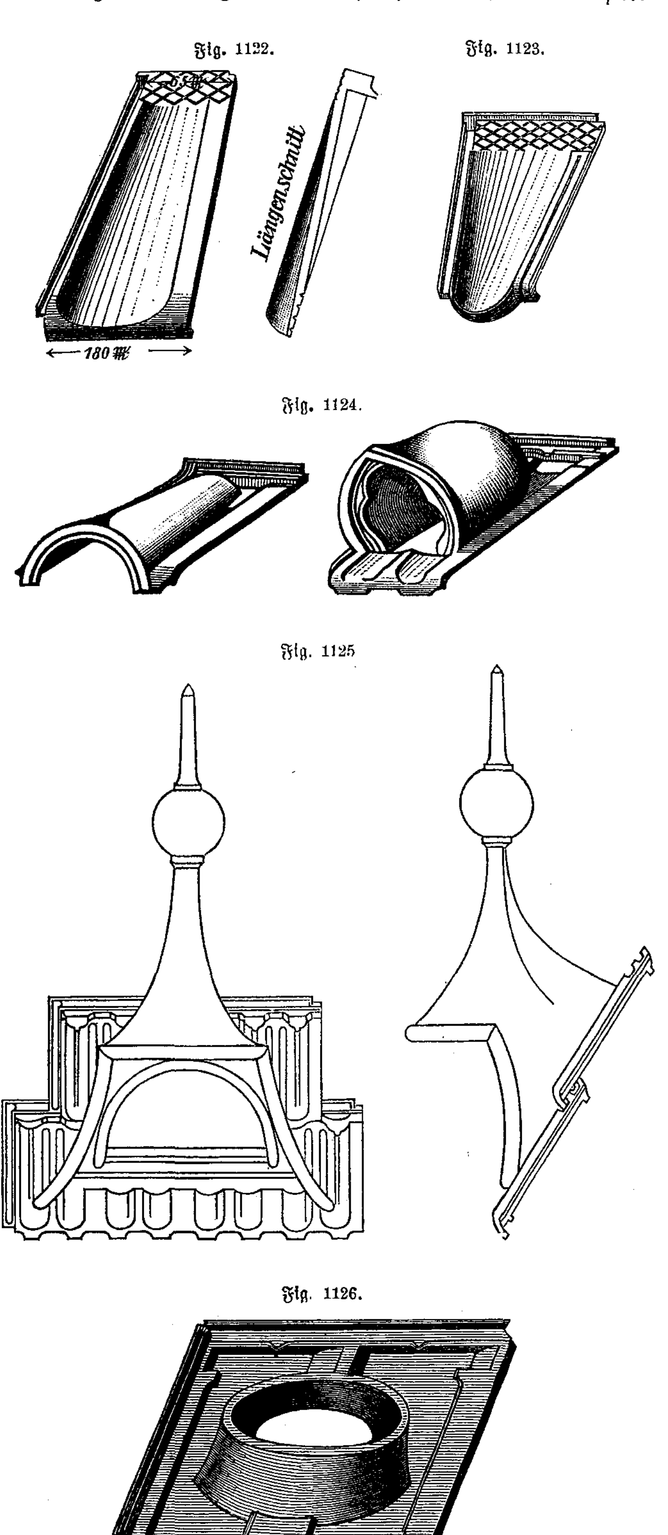


Fig. 1122. Fig. 1123.

Fig. 1124.

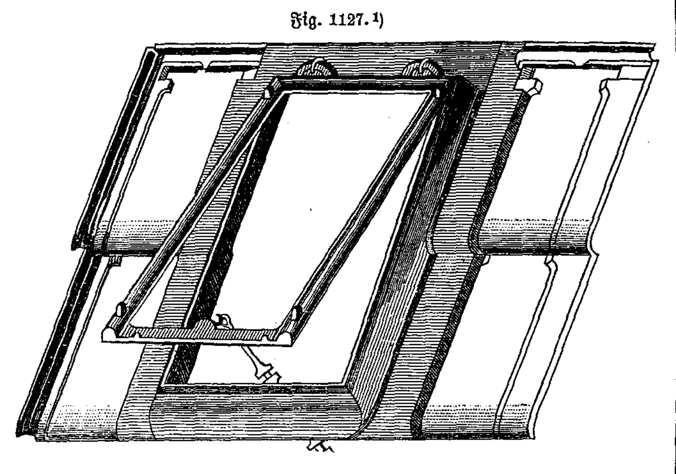
Fig. 1125

Fig. 1126.

werden besondere Ziegel nach Fig. 1126 geliefert, die die Größe eines Doppelfalzziegels erhalten.

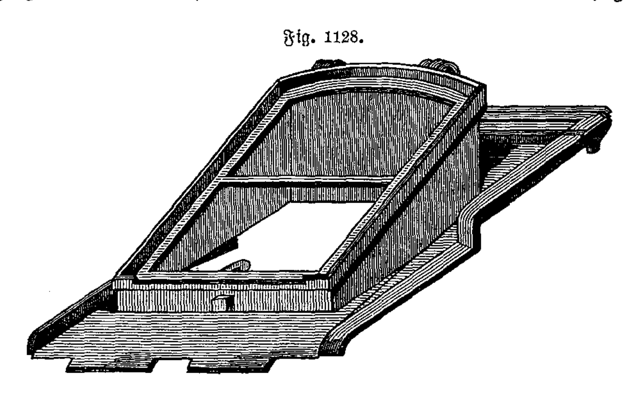
Die zur Lüftung und Beleuchtung des Dachraumes dienenden gußeisernen Dachfenster müssen sich in ihrer Konstruktion und Größe ebenfalls den Falzziegeln ein-

Fig. 1127.[1]



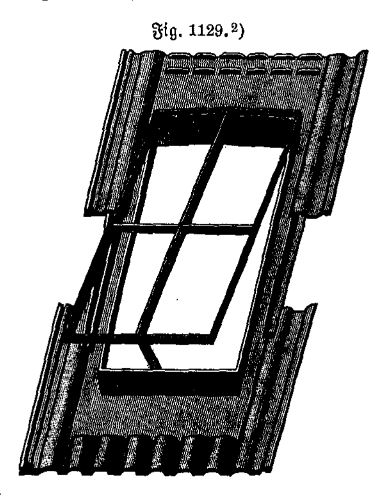
fügen, so daß sie sich ohne Schwierigkeit zwischen die Ziegeldeckung einreihen lassen; sie werden von den Falzziegeleien in Größen von 2, 4, 6, 8, 9, 12 und sogar

Fig. 1128.



16 Ziegeln geliefert. Fig. 1127—1130 geben einige Formen derartiger Fenster.

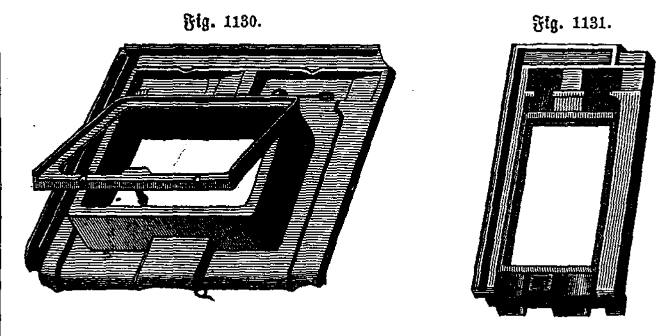
Fig. 1129.[2]



1) Für die Falzziegel von Gilardoni.
2) Für die Strangfalzziegel von Sturm.

Zur Beleuchtung des Dachraumes werden auch Glasfalzziegel gefertigt, die stark und dauerhaft sind und sich ganz beliebig in die Deckung einreihen lassen; oder man

Fig. 1130. Fig. 1131.



verwendet sogenannte Lichtziegel, Fig. 1131, die aus einem gewöhnlichen Falzziegel mit rechteckigem Ausschnitte bestehen, der eine in Kitt gelegte Glasscheibe in seinem Falze aufnehmen kann.

§ 11.

Dachdeckung mit Cementplatten.

Dachplatten aus Cement wurden zuerst anfangs der vierziger Jahre zu Staudach in Bayern aus den in jener Gegend gewonnenen Naturcementen gefertigt, und haben sich bisher sehr gut gehalten, so daß, nachdem die Fabrikation zwischen Rosenheim und Salzburg festen Fuß gefaßt hatte, sie sich bald über Bayern, Böhmen, Österreich ausdehnte und heute in verschiedenen Gegenden Deutschlands heimisch geworden ist.

Ein Vorzug der Cementplatten vor den Dachziegeln besteht in ihrer geringen Wasseraufnahme, so daß sie weit schwächere Neigungen zulassen und den zerstörenden Einwirkungen des Frostes weniger ausgesetzt sind, durchaus vorzügliches Material und beste Arbeit vorausgesetzt.

Die Staudacher Cementplatten, die mit der Hand in Stahlformen hergestellt werden, zeigen vornehmlich zwei Formen, die sich bewährt haben, und zwar:

a) Die bekannte sogenannte S-Pfanne (holländische Pfanne), die rechts und links laufend angefertigt und mit Rücksicht auf die herrschende Windrichtung eingedeckt werden.

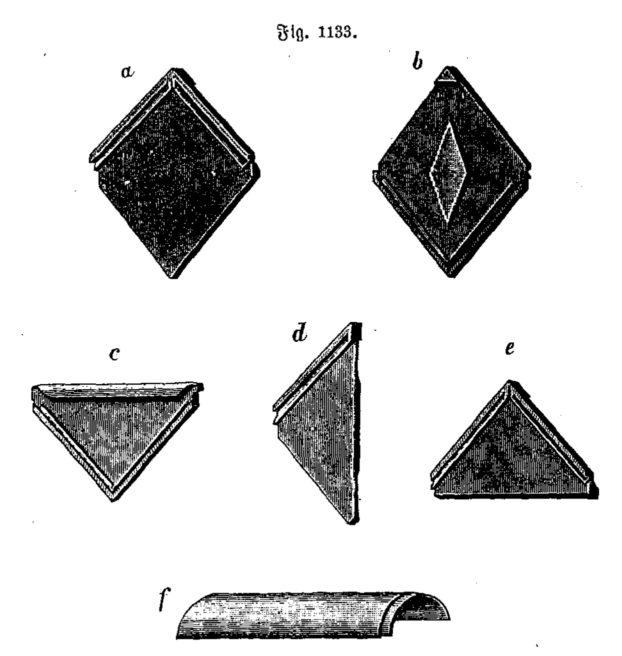
b) Die platte, nahezu quadratische, diagonal hängende Tafel, die an zwei Ecken etwas abgestumpft und mit einer Aufhängenase versehen ist, Fig. 1132; diese Platten sind mit kleinen Wasserrinnen versehen, um den Wasserabfluß zu befördern und das Heraufziehen des Wassers in den Fugen zu verhindern. 15 Stück decken 1 qm und geben bei nur 13 mm Stärke ein leichtes Dach. Firste

Fig. 1132.

und Gräte werden wie bei den Ziegeldächern mit besonders geformten Steinen in Cementmörtel eingedeckt, während die Kehlen Zinkblecheinlagen erhalten.

Eine wesentliche Verbesserung dieser Form zeigt **Köhlers** Reit-Falzziegel, Fig. 1133; er ist 500 mm

Fig. 1133.

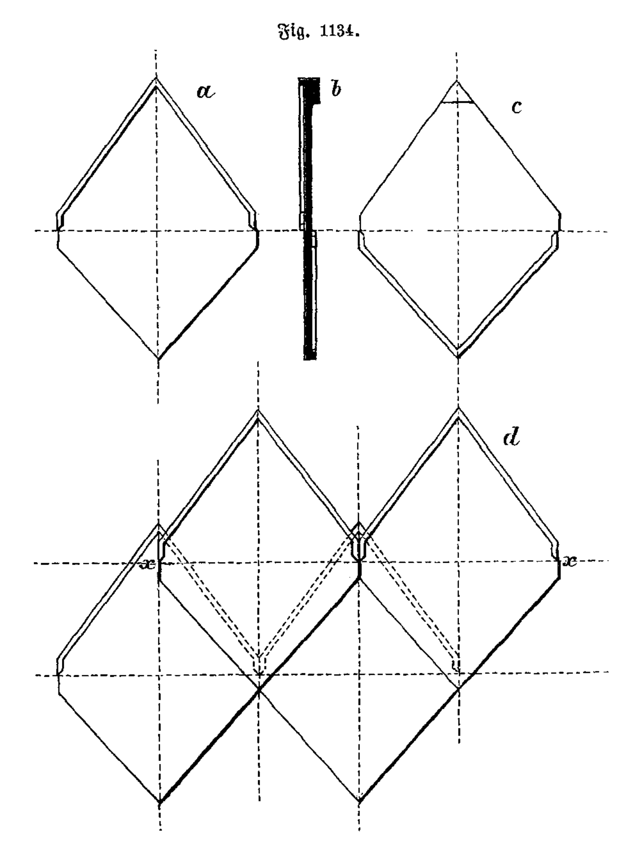


hoch, 394 mm breit, 8—10 mm dick, und nach der Mitte zu an der Unterfläche bis zu 12 mm verstärkt und hat oben an der Spitze eine Aufhängenase. Der Ziegel hat 2 obere und 2 untere 10 mm hohe Doppelfalze, deren innere nach außen zu abgeschrägt sind (sog. Reitfalze); sie sind so angeordnet, daß die oberen Doppelfalze in die unteren des (aufsteigend) nächstfolgenden Ziegels eingreifen. Die Ziegel werden in allen Farben, auch in schieferartigem Ton hergestellt. Fig. 1133 giebt Oberansicht und Unteransicht eines ganzen Ziegels, die Oberansichten der erforderlichen halben Ziegel und einen Firstziegel. Die zugehörigen gußeisernen Dachfenster sind sechseckig und entsprechen dem Raum von 3 Ziegeln.

Von **Hüser & Co.** in Oberkassel und **Maring** in Braunschweig wird eine seit 1878 für das Deutsche Reich patentierte (Nr. 4940) eigenartige trapezoidisch-rautenförmige Randpfanne angefertigt, die sich besonders gut bewährt haben soll. Die Eigentümlichkeit dieser Cementdachplatten besteht darin, daß der ganze obere und seitliche Rand jeder einzelnen Pfanne mit einem ca. 8 mm hohen Leistchen versehen ist, welches unter der überdeckenden Pfanne Raum findet. Jede durch Adhäsion zwischen den Platten heraufgezogene oder durch Winddruck zwischen- resp. heraufgepreßte Feuchtigkeit wird von dem Randleistchen zurückgehalten und muß notwendig auf die Außenseite der Platte zurück- und somit abfließen, zumal durch diese Ränder der Oberseite und denen der Unterseite der überdeckenden Pfanne zwischen beiden ein Hohlraum gebildet wird, der die Saugung (Adhäsion resp. Flächenattraktion) unterbricht. Die Stoßfugen der einzelnen Reihen liegen so, daß die Pfannen der unterhalb befindlichen Reihen **ganz unter**, die der oberhalb befindlichen Reihen **vollständig deckend über** dieselben hervorragen, so daß diese Stelle doppelt gesichert ist. Außerdem aber ist die kurze Stoßfuge behufs Verhinderung des Eindringens des feinen Triebschnees zickzackförmig abgesetzt; zudem läuft das Randleistchen an beiden Seiten der Stoßfuge entlang, so daß auch von der Seite her kein Wasser in dieselbe eindringen kann. Endlich ist die Oberhälfte um so viel länger als die Unterhälfte (daher die trapezoidische Form) hergestellt, daß bei weitest zulässiger Lattung (= 20 cm) die Unterpfanne stets nach innen um 15 mm unter der Stoßfuge hervorragt und somit einen Auffang für alle irgendwie bei Sturm noch durchgetriebenen Tropfen bildet.

Diese Dachplatten eignen sich für Neigungen bis zu $^1/_6$, wenn die Gebäude nicht allzusehr dem Sturme ausgesetzt sind.

Fig. 1134.



Die Platten sind in Fig. 1134 dargestellt, und zwar zeigt **a** die Platte von oben, c von unten, b giebt einen Durchschnitt und d veranschaulicht die Lage der Platten bei der Eindeckung. Der stumpfe Winkel der sichtbar

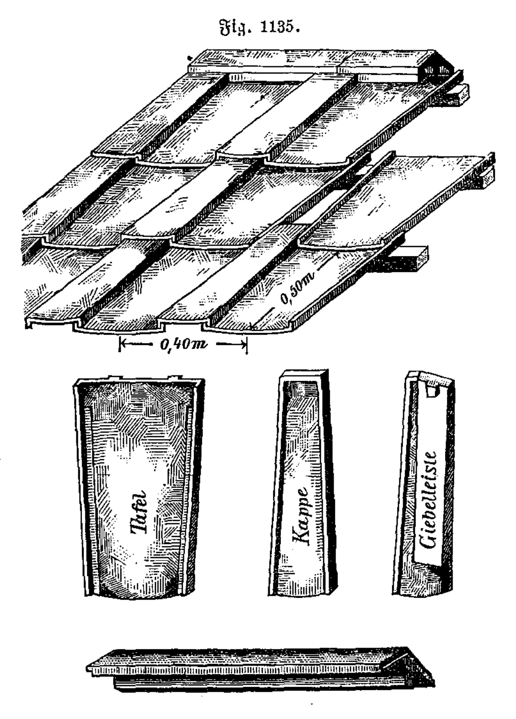
bleibenden Raute mißt 100°, der spitze 80°, so daß sich diese Platten an Gräte und Kehlen der Dächer mit einer Dachneigung von 1 : 3 ganz genau, an Dachneigungen von 2 : 5 bis 1 : 4 annähernd genau anschließen. Die Latten werden bei diesen Pfannen

bei einer Dachneigung von 1 : 3 auf 20 cm
" " " " 1 : 4 " 19,5 "
" " " " 1 : 5 " 19 "
" " " " 1 : 6 " 18,5 "

von Oberkante zu Oberkante angebracht und können beliebig näher bis zu 18 cm (eventuell auch noch enger) zusammengebracht werden.

Zur Eindeckung der Firste und Gräte werden besondere Deckpfannen angefertigt; zur Einbindung der Kehlen empfiehlt sich die Verwendung von Zink oder Blei.

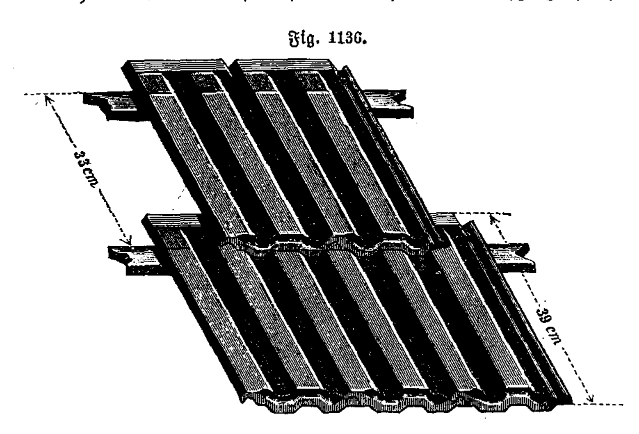
Fig. 1135.



In Fig. 1135 geben wir die nach Angabe von Geh. Oberregierungsrat Kind konstruierten Elbinger Cement-Dachtafeln des Kunststeinfabrikanten P. Jantzen in Elbing, die nach Art der italienischen Dachdeckung aus Platten und Deckeln bestehen, deren Form und Zusammenfügung aus den beigegebenen Zeichnungen zu ersehen ist. Die Lattweite beträgt 45 cm, so daß für 1 qm Dachfläche 8 Haupt- und 8 Deckplatten erforderlich sind. Als besondere Vorteile der Deckung werden angegeben: Leichte und billige Ausführung, Besteigbarkeit ohne Bruchgefahr, Feuersicherheit und Widerstandsfähigkeit gegen Sturm, einfache und sichere Eindeckung der Gräte, Firste und Kehlen und Anwendbarkeit von Dachneigungen bis $^1/_5$ der Gebäudetiefe bei Satteldächern.

Als neueste Konstruktion geben wir in Fig. 1136 die Preß-Cement-Dachfalzziegel, Patente Wernicke-Bernhardi, die auf besondern Patent-Dachziegelpressen

Fig. 1136.



von Bernhardi unter einem außerordentlich hohen Druck (bis zu 180000 kg) hergestellt und in verschiedenen Tönen, mit Mattglanz- oder Hochglanz-Farbglasur geliefert werden. Sie besitzen Kopfverschluß und überaus starke, einander vollständig überdeckende Seitenfalze, sie sind von genau gleicher, ebener Form, fest und wasserundurchlässig, dabei aber von geringem Gewicht, so daß sie allen an eine solide Dachdeckung zu stellenden Anforderungen entsprechen dürften.

B. Das Schieferdach.

§ 12.

Allgemeines.

Während der Gebrauch der Ziegel zur Eindeckung der Dächer ins hohe Altertum reicht, haben wir es hier mit einem Material zu thun, das erst im Mittelalter zu diesem Zweck Verwendung fand.[1])

Von den schieferigen spaltbaren Gesteinen sind es insbesondere die Thonschiefer, die ein äußerst schätzbares und viel verwendetes Material zur Dachdeckung bilden. Guter Schiefer muß die folgenden Eigenschaften besitzen:

1) Man lese hierüber Viollet-le-Duc: „Dictionnaire raisonné de l'architecture française. Tome premier pag. 453 — ardoise —". Ferner einen sehr empfehlenswerten, gründlich behandelten Aufsatz über die Geschichte, Naturgeschichte, Eigenschaften, Gewinnung, Verwendung u. s. w. des Schiefers in der Zeitschrift Revue générale de l'Architecture et des travaux publics. Vol. 21, 1863, und endlich im Magasin pittoresque par M. E. Charton, 1867: „Les ardoisières d'Angers". Darin ist das 12. Jahrhundert als die Zeit angegeben, in welcher im Norden und Westen Frankreichs die Schiefer anfingen, sich allgemein als Deckmaterial zu verbreiten, während sie als Mauersteine und zum Bodenbeleg schon früher Verwendung fanden. — Ferner: Der Dachschiefer in der Praxis von A. Knoch, Berlin 1895.

1. Dichtigkeit, glatte Oberfläche und gleichförmiges Korn, damit er kein Wasser aufnimmt, dasselbe noch weniger durchläßt und den raschen Wasserabfluß ermöglicht.

   Die Porosität des Schiefers läßt sich leicht dadurch ermitteln, daß man ein Schieferplättchen von ca. 6 cm Breite und 12 cm Länge gut austrocknet und dann in ein Becherglas stellt, das etwa 1 cm hoch mit Wasser gefüllt ist und zugedeckt wird. Schlechter Schiefer saugt innerhalb 24 Stunden das Wasser auf, guter Schiefer dagegen wird nur wenig über Wasserebene mit Feuchtigkeit durchtränkt sein.

   Oder man trocknet den Schiefer bei 100° C. völlig aus, legt ihn nach genauem Wägen mehrere Stunden lang in heißes Wasser und wägt ihn dann nochmals, so ergiebt die Gewichtszunahme das Gewicht des in den Poren befindlichen Wassers, wonach dessen Rauminhalt leicht zu ermitteln ist. Der Vergleich mit einem anerkannt guten Dachschiefer, den man in derselben Weise behandelt, gestattet, die Güte des untersuchten Schiefers zu beurteilen.

2. Heller Klang beim Anschlagen; dumpfer Klang deutet auf Haarrisse, die sich mit Feuchtigkeit füllen, so daß bei Frostwetter die Platten zersprengt werden.

3. Nicht zu dunkle Farbe, weil der Schiefer dann zuviel Kohlenstoff enthält, infolgedessen er rasch verwittert und Moosbildung erzeugt.

   Die Farbe selbst bedingt im allgemeinen jedoch nicht die Haltbarkeit des Materials, aber je nach den Fundorten sind Schiefer gewisser Farbe besser als andere; so kann man sagen: Die hellblauen Lehestener sind besser als die schwarzen, der rote englische besser als der blaue, der rote und grüne französische im allgemeinen besser als der violette und dunkelblaue u. s. w., was seinen Grund in dem Fehlen gewisser schädlicher Bestandteile hat.

4. Farbenbeständigkeit; leicht verwitternde Thonschiefer werden an der Luft bald heller und allmählich sogar weiß.

5. Leichte Spaltbarkeit in dünne ebene Platten und leichte Durchlochung, um die Nagellöcher einhauen zu können, ohne daß die Platten springen.

6. Das Fehlen von Schwefelkies, kohlensaurem Kalk und Kohle, welche Stoffe in größeren Beimengungen die baldige Verwitterung des Gesteins herbeiführen, so daß ein Plus oder Minus von 1 Proz. schon von wesentlicher Bedeutung ist.

Schiefer erster Güte zeigen etwa folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	56,80 Proz.	zus. ca. 78,08 Proz.
Thonerde	21,28 „	
Kalk	0,90 Proz.	zus. ca. 3,15 Proz.
Kohlensäure	0,68 „	
Organische Substanz	1,23 „	
Schwefelkies	0,30 „	
Kupferkies	Spur	
Eisenoxydul	4,19 Proz.	zus. ca. 18,77 Proz.
Eisenoxyd	3,19 „	
Magnesia	3,27 „	
Kali	3,08 „	
Natron	1,80 „	
Lithion	Spur	
Phosphorsäure	0,21 „	
Wasser	3,00 „	

Am sichersten prüft man die Güte des Thonschiefers dadurch, daß man ein Stück desselben frei in einem dicht verschlossenen Gefäße aufhängt, in dem sich etwas Schwefelsäure befindet, die jedoch in keine unmittelbare Berührung mit dem Schiefer kommen darf. Infolge der sich entwickelnden Dämpfe wird schlechter Schiefer sehr bald abblättern, während guter Schiefer, der die genannten schädlichen Beimengungen nicht oder nur in sehr geringen Mengen enthält, unversehrt bleibt.

Schwefelige Säure ist im Rauch und Ruß vorhanden, so daß vornehmlich in Fabrikorten und großen Städten schlechte Schiefer bald zerstört werden.

Starke Hitze kann der Schiefer nicht vertragen, so daß er bei einem Brande bald springt; der Ziegel ist ihm an Feuerbeständigkeit überlegen.

Gewinnungsorte der Schiefer sind:[1])

In England die großartigen bergmännisch betriebenen Brüche in North-Wales: Port Madoc, Port Peurhyn, Bangor, Carnavon; in Frankreich die altberühmten Brüche in Angers, Deville und Monthermé an der Maas, Grenoble, in der Bretagne und in Savoyen; in Österreich-Ungarn zwischen Olmütz und Troppau bei Dorfteschen, Dürstenhof, Wald-Olbersdorf, bei Marienthal in Ungarn; ferner in Italien bei Lavagna, und in der Schweiz in Glarus, Graubündten, Wallis.

Deutschland besitzt ungemein reiche Schieferlager in Caub, St. Goar, Oberwesel und Andernach a. Rh., in der Grafschaft Wittgenstein-Berleburg (Raumländer Dachschiefer), in Clotten an der Mosel, Nuttlar an der Ruhr, bei Diez und Limburg an der Lahn, im Westerwald, Taunus und Harz, in Gräfenthal und Lehesten in Thüringen, im Fichtelgebirge und vielen anderen Orten.

1) Handbuch der Architektur, III. Tl., II. Bd., 5. Hft., S. 49 und A. Knoch a. a. O.

Die Fundorte liefern meist ein ganz vorzügliches Material von großer Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit, das sich mit dem englischen und französischen vollständig messen kann. Während aber die Schieferbänke in England und Frankreich eine große Mächtigkeit und Gleichartigkeit besitzen, die gestatten, Tafeln in jeder Größe und Stärke zu gewinnen, giebt es in den deutschen Brüchen nur selten Bänke von bedeutendem Umfange und gleicher Bauwürdigkeit, so daß nur ein Teil des Gesteins brauchbar und dasselbe ungleich an Form und Größe ist. Dies ist der Grund, daß sich bei uns, der Eigenart des Schiefers angepaßt, eine ganz eigene Eindeckungsart ausgebildet hat, die richtig ausgeführt, außerordentlich solide und besonders charakteristisch ist. Die ausländischen Schiefer haben auch den Nachteil, daß sie wegen der Zoll- und Frachtkosten so dünn als möglich gespalten werden, wodurch die Güte und Haltbarkeit leidet. Der ausländische Schiefer hat auch infolge seines langfaserigen Gewebes eine Neigung zum Längenbruch und ist spröder als der deutsche, so daß man nur rechteckige oder ähnliche Schiefer herstellen kann, die man wegen ihrer geringen Stärke doppelt decken muß. Der deutsche Schiefer dagegen ist in der Struktur knorrig und deshalb druckfester, so daß man mit deutschem Schiefer ohne Gefahr in deutscher Form einfach decken kann.

Auch aus wirtschaftlichen Gründen sollte ausländischer Schiefer, der leider immer noch in großen Massen eingeführt wird, ausgeschlossen werden. Zudem empfiehlt sich die Einführung des deutschen Materials wegen der Billigkeit, der leichteren Reparaturfähigkeit und der schöneren Wirkung der damit eingedeckten Dächer.[1])

So reizend sich die Schieferdächer gestalten lassen, so ist doch andererseits zu beachten, daß die Beaufsichtigung sowohl der Neueindeckung wie der Reparaturen außerordentlich schwierig ist, so daß durch unreelle Decker sehr leicht mangelhafte Eindeckungen ausgeführt und die Bauherren schwer geschädigt werden können. Vorsicht bei Wahl der Dachdecker und Mißtrauen bei billigen Preisen sind deshalb bei Schiefereindeckungen besonders anzuempfehlen.

Die Dachneigung betrage $\frac{1}{3}$ bis höchstens $\frac{1}{4}$, nur bei bestem Schiefer und unter günstigen Verhältnissen bis $\frac{1}{5}$ der Gebäudetiefe zur Höhe; in rauhen Gebirgsgegenden und offenen Küstenstrichen, wo das Dach den Sturmwinden ausgesetzt ist, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{5}$ der Gebäudetiefe.

Als geringste mittlere Überdeckung der Schiefer ist anzunehmen:[2])

1. Für deutsches Dach mit gewöhnlichem Schuppenschiefer:
   Neigungsverhältnis 1 : 2 bis 2 : 5,
   82 mm in der Fußschicht,
   70 „ im Mittel,
   53 „ oben.
2. Für einfaches Schablonenschieferdach:
   Neigungsverhältnis 1 : 4, 110 mm in der Fußschicht, sonst 95 mm.
   „ 1 : 3, 80—82 mm in der Fußschicht, sonst 70 mm.
   „ 1 : 2, 70 mm in der Fußschicht, sonst 60 mm.
3. Für ein Doppeldach:
   Neigungsverhältnis 1 : 5, 88 mm
   „ 1 : 4, 80 „
   „ 1 : 3, 70 „
   „ 1 : 2, 60 „
   } in der dritten Schicht.

Die Eindeckung mit großen Platten kann auf Lattung oder Schalung, mit kleinen Platten nur auf Schalung erfolgen. Bei Schalung können die Bretter entweder parallel zur First oder Traufe, oder in der Richtung der First zur Traufe angeordnet werden, je nachdem man steigende oder liegende Sparren (sogenanntes Pfettendach) hat. Besser ist es noch, die Schalung schräg in der Richtung der ansteigenden Schieferbahnen anzuordnen, damit die Schiefer nicht auf zwei Brettern genagelt werden. Die Bretter werden am besten nur „gefügt", oder „gemessert" und so verlegt, daß der Stoß derselben nicht durchgehends auf einem Sparren stattfindet, sondern im Verband geschieht. Um dem Werfen der Dielen zu begegnen, verwende man nur solche von geringer Breite, oder besser Riemen von 12 bis 15 cm Breite und 25 mm Stärke, die mit 70—80 mm langen vierkantigen Nägeln höchstens 20—25 mm von der Langfuge entfernt genagelt werden. Auf gleichmäßige Stärke der Bretter sowohl wie der Latten ist besonders zu achten; auch sollte, soweit dies irgend durchführbar ist, jeder Schiefer nur auf einem Brette genagelt werden, weil durch das ungleiche Arbeiten des Holzes der Stein sonst leicht zersprengt werden kann.

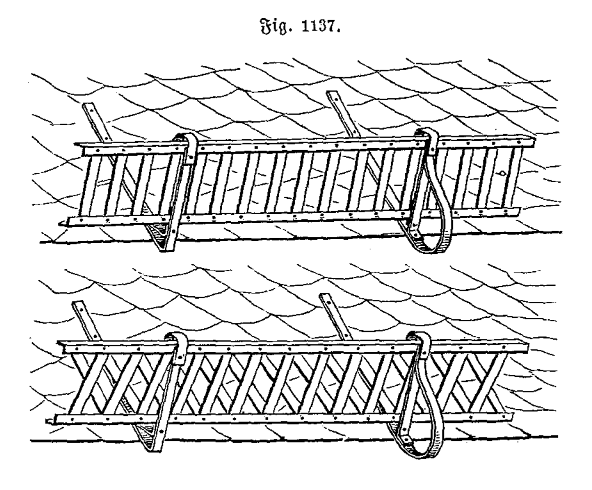
In neuerer Zeit werden die geschalten Dächer häufig zunächst mit Dachpappe eingedeckt, wodurch das Eindringen von Schnee und Regen verhindert und damit dem Durchnässen und der Fäulnis der Bretter begegnet wird; auch erhält dadurch das Gebäude sehr schnell eine schützende Decke und es wird möglich, die Schieferdeckung erst dann aufzubringen, wenn alle übrigen Arbeiten auf dem Dache, wie Hochführen der Kamine und dergl., beendet sind, ohne daß das Gebäude den Unbilden der Witterung preisgegeben wäre.

---

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1882, S. 133.
2) Deutsche Bauzeitung 1868, S. 161.

Hier mag noch erwähnt werden, daß bei den Schieferdeckungen Vorkehrungen getroffen werden müssen, um das infolge der Glätte des Deckungsmaterials eintretende Abgleiten der Schneemassen, und somit Zerstörung der Dachrinnen und Gefährdung von Passanten zu verhindern. Dies geschieht durch die sogenannten Schneefänge, die oberhalb der Dachrinnen angebracht werden, und entweder

Fig. 1137.



aus Brettern oder aus eisernen Gitterkonstruktionen bestehen, die mittels gut befestigter verzinkter Haken auf der Dachfläche angebracht werden. Die Bretter sind wenig empfehlenswert, da sie schlecht aussehen und trotz Tränkens mit Karbolineum oder ähnlichen Stoffen rasch dem Verderben ausgesetzt sind; am besten sind Gitterkonstruktionen aus verzinktem Eisen, wie solche z. B. von der Firma Hoffmann in Mainz geliefert werden, Fig. 1137, oder mit längslaufenden Rundeisen- oder Flacheisenstangen, Fig. 1138, wie solche der Verfasser an vielen seiner Bauten ausgeführt hat. (Über die Rinnenkonstruktion, Fig. 1138, siehe Band II dieses Handbuches, Seite 258.)

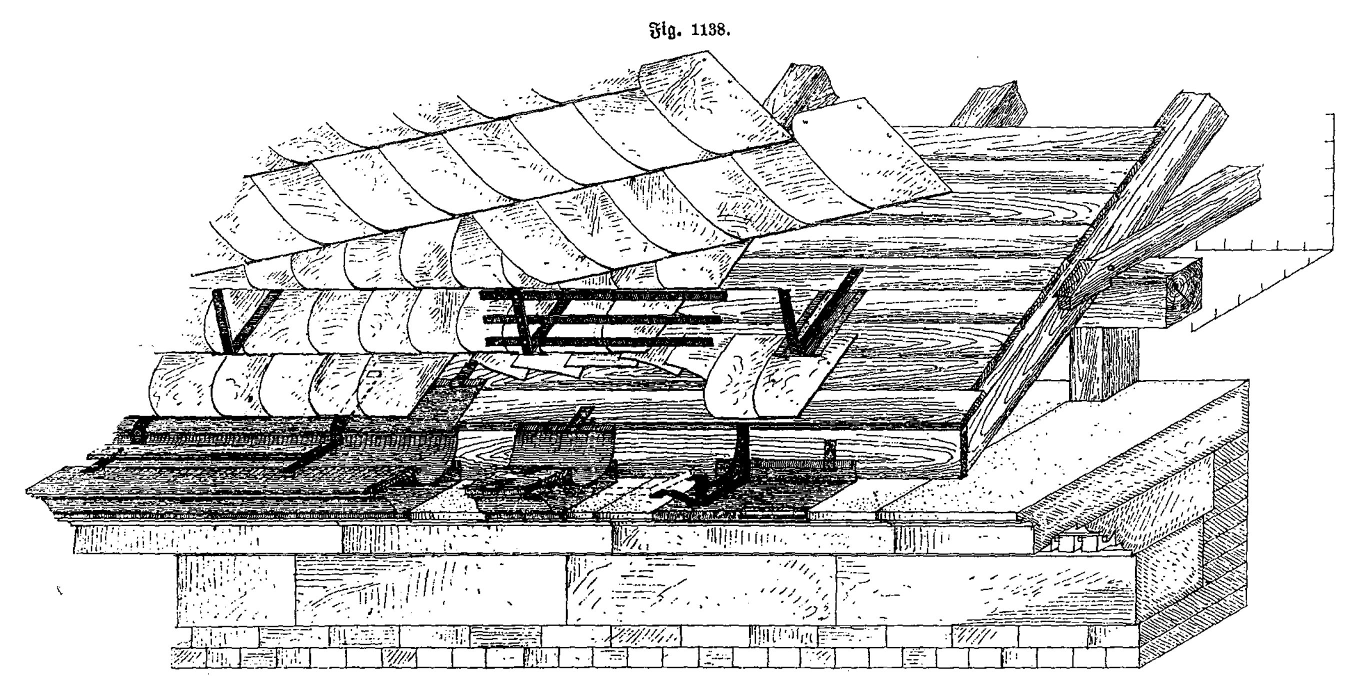
§ 13.

Die deutsche Deckmethode.

Die dicken Platten des deutschen Schiefers haben eine große Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung und gestatten die einfache Überdeckung; sie sind außerdem kleiner als die englischen Platten, geben dem Winde geringere Angriffsflächen und sind dem Zerbrechen beim Betreten des Daches weniger ausgesetzt, abgesehen davon, daß wegen der Steilheit der Dächer das Ausbessern nur von Leitern aus vorgenommen werden kann, wodurch nicht so leicht Beschädigungen eintreten können.

Was die Benennung der einzelnen Dachteile anbetrifft, so wird aus der Traufe der Ziegeldächer hier der Fuß, und aus den dortigen Borden entstehen hier Orte, und zwar bei einer rechtwinkligen Dachfläche, wo beide Orte parallel und winkelrecht zur Fußlinie des Daches aufsteigen, heißen sie Gleichorte. Dabei werden rechte und linke Orte unterschieden, je nachdem sie dem Beschauer rechts oder links gelegen sind. Die First behält ihren Namen bei. Alle diese Teile, die eine Dachfläche umrahmen oder einfassen, werden mit besonders gestalteten Steinen eingedeckt, die sowohl unter sich, als auch von den Decksteinen verschieden sind, mit welch letzteren der innerhalb dieser Umrahmung befindliche Teil der Dachfläche

Fig. 1138.



gedeckt wird. Die gewöhnlich in schräger Richtung aufsteigenden Reihen der verschiedenen Steine heißen **Gebinde**.

Wie bereits erwähnt, haben die deutschen Schiefer gewöhnlich verschiedene Größe, und sie werden deshalb nicht auf Latten, sondern stets auf Schalung verlegt nach einer dem Material angepaßten eigentümlichen Deckweise, bei der die Reihen mehr oder weniger ansteigen, und zwar entweder von der Linken zur Rechten, **rechtsansteigend** — wie gewöhnlich — oder aber auch von der Rechten zur Linken, **linksansteigend**. Der Grund des Ansteigens der Deckgebinde besteht im schnelleren Ablaufen des Wassers. Das auf jeden einzelnen Stein fallende Wasser läuft nämlich teils auf die Reiß-, teils auf die Rückenlinie, Taf. 98, Fig. 4, vereinigt sich in der unteren Ecke a des Steins, dem Bart, und fließt von hier an der Reißlinie auf den unteren Stein über. Es ist klar, daß so an jedem Deckstein nur ein Tropfen hängen bleibt, der alsbald verdunstet, wogegen bei wagerechter Reißlinie eine ganze Wasserlinie hängen bleiben würde, und diese, wenn die Steine nicht dicht aufeinander liegen, vom Winde unter dieselben getrieben werden könnte.

Je flacher ein Dach ist, um so mehr sollen die Gebinde steigen, je steiler dasselbe ist, um so weniger steigend brauchen die Gebinde angelegt zu werden, um ein rasches Abfließen des Wassers zu bewirken.

Obgleich die Gebinde gewöhnlich rechtssteigend angelegt werden, so ist doch zu empfehlen, der herrschenden Windrichtung Rechnung zu tragen und die Reißlinie gegen die Richtung steigen zu lassen, von welcher die herrschenden Winde wehen. Denn nimmt man an, daß bei der rechts gedeckten Dachfläche, Taf. 98, Fig. 1, der Regen vorzugsweise in der durch den Pfeil W bezeichneten Richtung, also von links, komme, so würde das Wasser, namentlich bei sorgloser Deckung, zweifellos unter die dieser Richtung zugekehrten Fugen eindringen, was nicht der Fall ist, wenn der Wetterschlag von der rechten Seite erfolgt.

Fig. 1139.

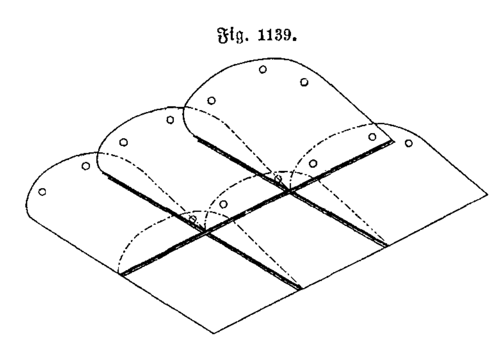


Fig. 1139 zeigt eine an manchen Orten gebräuchliche von der gewöhnlichen abweichende Form der Decksteine, bei der Rücken- und Reißlinie in gleicher Ansteigung laufen und der Rücken eine gerade Seite erhält.

In Fig. 4, Taf. 98, ist ein einzelner **Deckstein** im größeren Maßstabe gezeichnet, wobei zugleich die einzelnen Benennungen, welche den verschiedenen Teilen des Steins gegeben werden, eingeschrieben sind. ah bezeichnet die Horizontale, mit welcher die Gebinde den vorher festgesetzten Steigungswinkel gah machen. Der Deckstein muß nun so zugehauen werden, daß, wenn man in a auf ah eine Senkrechte ac errichtet, diese durch den „Bart" und die „Brust" des Steins geht, während das Reiß entlang der Steigungslinie ag liegt. In der hier gezeichneten Lage muß der Stein auch auf dem Dache liegen, weshalb er so auf das schon gedeckte Fußsteingebinde gelegt wird, daß er die Steine desselben gehörig überdeckt, und die, seine Brust mit dem Barte verbindende Linie parallel zu den Dachsparren läuft. Dann kann auf dem Fußgebinde die Bahn vorgerissen oder „vorgeschrieben" werden, nach welcher alle Decksteine verlegt werden müssen.

Jedes Deckgebinde fängt entweder auf einem Fußsteinbinder an oder in einem Orte, und geht in gleicher Höhe entweder bis zum anderen Orte, oder „spitzt sich in der First aus."

Alle Decksteine ein und desselben Gebindes müssen von gleicher Höhe sein, weshalb sie hiernach sortiert werden, und da man nicht lauter gleiche Steine hat, so läßt man die Gebinde von der Traufe nach der First hin an Höhe abnehmen, wie Fig. 5, Taf. 98, zeigt.

Die Steine werden so gelegt, daß sie sich alle von der Rechten zur Linken überdecken und ihre Fußlinien oder Bahnen in eine gerade Linie fallen.

Bei dem Decken der einzelnen Steine ist besonders darauf zu sehen, daß die Spitze eines jeden Decksteins den unter ihm liegenden **berührt**, denn wäre dies nicht der Fall, so würde bei einer Nichtberührung eine Lücke und bei einem Aufliegen ein Klaffen, und in beiden Fällen die Gefahr entstehen, daß an dieser Stelle Einwehungen stattfinden könnten. Wenn in dieser Beziehung ein Stein von der erforderlichen Bahnlänge oder Breite nicht vorhanden ist, so müssen zwei schmälere so zugehauen und verwendet werden, daß sie beide zusammen nach ihrer Aufdeckung die notwendige Bahnlänge haben; in Fig. 5, Taf. 98, ist bei A dieser Fall gezeichnet. Wenn ein Deckgebinde nicht in einem Orte endigt, sondern sich in der First „ausspitzt", so müssen die Decksteine, sobald sie von den Firststeinen überbunden werden, allmählich niedriger werden, damit diese Überbindung gleiche Dicke bekomme, wie dies bei dem dritten und vierten Gebinde in Fig. 1 der Fall ist.

Der **Dachfuß** AB, Fig. 1, Taf. 98, besteht aus den **Fußsteinen**, die vom rechten zum linken Orte mit den Zahlen 1, 2, 3, 4, dann 1′, 2′, 3′, endlich mit 1″, 2″ bezeichnet sind und so drei **Fußsteingebinde** bilden, in denen die ersten Steine, die Anfänger, also die mit 1, 1′

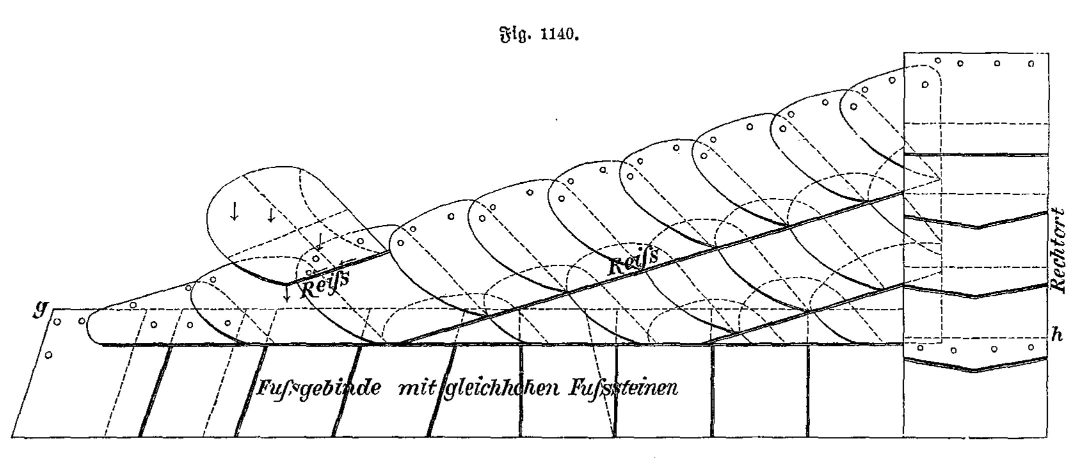
und 1″ bezeichneten, die Benennung **Binder, Fußsteinbinder** bekommen.

Fig. 2, Taf. 98, zeigt die allgemeine Form eines Fußsteins im größeren Maßstabe; seine **Bahn** oder Fußlinie ab liegt in den Trauf- oder Fußsteinen des Daches, oder bildet sie vielmehr. Die Fußlinien unterscheiden sich nur durch ihre zufällige Länge und ihre von der Rechten zur Linken abfallende Höhe und werden durch ein nachträgliches Behauen für die speziellen Stellen, die sie einnehmen sollen, vorbereitet. Wird von dem Steine acfb, Fig. 2, das Stück efg fortgehauen, so entsteht der Fußstein des **rechten Gleichortes**, in Fig. 1 mit 1 bezeichnet. Wird hingegen das Stück acd fortgenommen, so entsteht der in Fig. 1 mit 2″ bezeichnete Fußstein am **linken Gleichorte**. Wird endlich das rechts der Linie ik liegende Stück fortgehauen, so daß ein Stück von der Form, Fig. 3, übrig bleibt, so entsteht ein **Fußsteinbinder**, wie sie in Fig. 1 mit 1′ und 1″ bezeichnet sind.

Eine andere Herstellungsweise der Fußgebinde zeigt Fig. 1140, worin die Fußsteine eine gleiche Höhe haben; dann endigen die Deckgebinde am Fuß in einer geraden Linie gh. Gleich hohe Fußgebinde zu legen, ist jedoch wenig gebräuchlich, weil die Steine dazu unnütz verhauen werden müssen.

Jedes der rechts ansteigenden Gebinde wird am **rechten Orte**, Taf. 98, Fig. 1, mit Rechtortsteinen abgeschlossen. In der Regel erhält jedes Deckgebinde mehrere Rechtortsteine v und w von verschiedener Größe, die sich nach der in Fig. 1 u. 7 gezeichneten Weise überdecken und zusammen die Höhe des zugehörigen Gebindes haben. Der Grund, weshalb jedes Deckgebinde am rechten Orte mit mehreren Ortsteinen und nicht mit einem einzigen begrenzt wird, liegt darin, daß kleinere Steine dem Angriffe des Windes besser widerstehen als große und in der besseren Verteilung und Ableitung des Wassers.

Fig. 1140.



Wie die Fußsteine einander von der Linken zur Rechten überdecken, und ihrerseits wieder von den, sich selbst ebenfalls, aber von der Rechten zur Linken überdeckenden Decksteingebinden von oben her überdeckt werden, zeigt Fig. 1, Taf. 98, deutlich, indem die sichtbaren Steinkanten ausgezogen, die überdeckten aber punktiert gezeichnet sind.

Wenn man eine ganz regelmäßige und symmetrische Deckung ausführen wollte, so müßten alle Fußsteingebinde von einer gleichen Anzahl gleich langer Steine gebildet werden, was jedoch viel Abgang oder Verhau bei den Schiefern erzeugen, zur Dichtigkeit des Daches aber nichts beitragen würde, weshalb man nur darauf sieht, daß die jedesmaligen Fußbindersteine eine solche Höhe bekommen, als dies die auf ihnen beginnenden Deckgebinde verlangen. Nun sieht man aber leicht aus Fig. 1, daß der Binder 1″ viel niedriger werden könnte, wenn das vorhergehende Fußsteingebinde 1′, 2′, 3′ u. s. w. aus einer größeren Anzahl Steine bestände, wie es in der Wirklichkeit, gegenüber unserer Figur, immer der Fall sein wird.

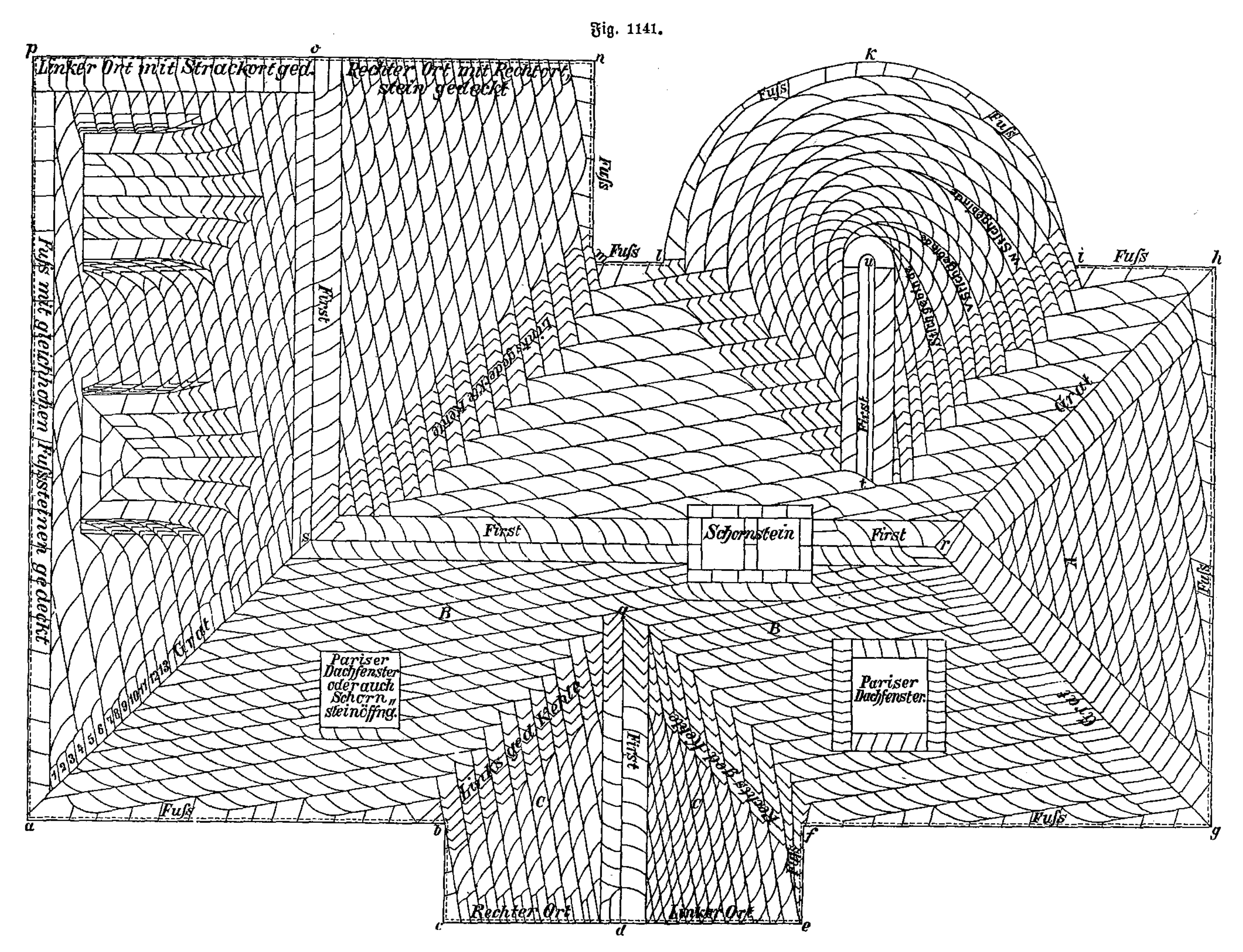
Bei dieser Art, den rechten Ort zu decken, ist es Regel, auf jedes Deckgebinde die geeigneten Ortsteine zu legen, wie dies Taf. 98, Fig. 1, zeigt. Seltener geschieht es, daß man erst mehrere Deckgebinde aufnagelt, und über diese dann 6—8 und mehrere Ortsteine so legt, daß die kleineren nach unten, die größeren nach oben kommen, wie dies in Fig. 1141 an dem Grat as dargestellt ist.

Eine andere Art, den Ort, sowohl den geraden als den schrägen, zu decken, zeigt Fig. 1140, wobei das Ortgebinde in seiner ganzen Länge die gleiche Breite erhält. Man nennt diese Art „**Strackort**.“ Die Linie, mit der sich die Strackortsteine überdecken, ist am besten eine von beiden Seiten gegen die Mitte geneigte, damit das Wasser weniger hängen bleibt und rascher abläuft.

Auch die Linksortdeckung erfolgt mit 2 Ortsteinen, die jedoch eine etwas veränderte Gestalt haben, Fig. 1 u. 6, Taf. 98, und von denen der untere kleinere der Ansetzer oder Stich heißt. Der Grund ist hier derselbe wie bei der Eindeckung am rechten Orte. Die Deckung mit linkem

Strackort, wie sie Fig. 1141 bei o p zeigt, ist nicht empfehlenswert, weil das an der schrägen Reißlinie der Deckgebinde herablaufende Wasser leicht unter die Strackortsteine dringen kann.

Fig. 1141.



Der First wird wieder mit besonders geformten Firststeinen eingedeckt, und Fig. 8, Taf. 98, zeigt einen solchen Stein in größerem Maßstabe. Aus dieser allgemeinen Form entsteht der Firststein N am rechten Gleichorte, Fig. 1, wenn das Stück m c d e f, Fig. 8, nach der auf der Bahn a g senkrechten Linie f m abgehauen wird, und der Firststein O, Fig. 1, am linken Gleichorte wird dargestellt durch Fortnahme des Stücks a h b, Fig. 8. Die Bahnlinie der First kann wagerecht, also der Firstlinie parallel sein, doch bedarf es hierzu lauter gleich hoher Firststeine, oder wenn diese nicht vorhanden sind, so läßt man die Bahnlinie denen der Deckgebinde entgegengesetzt, also hier von der Rechten zur Linken steigen, doch muß die Bahnlinie immer eine gerade sein.

Sind, wie in Fig. 5, Grate vorhanden, so werden diese auch mit besonderen rechten und linken Ortsteinen eingedeckt, deren Formen die Fig. 9 u. 10, Taf. 98, darstellen. Diese Steine gehen, wie Fig. 5 zeigt, in Firststeine über, und einer derselben, in unserer Fig. 5 mit S bezeichnet, bildet den Schlußstein, der seine beiden Nachbarn zur Rechten und Linken überdeckt, und dessen Nägel, beiläufig bemerkt, die einzigen auf einer Dachfläche sichtbaren sind.

Wo ein ausspringender Rücken, also ein First oder ein Grat sich bildet, werden auf der Wetterseite die First- oder Gratsteine gegen die gegenüberliegenden etwas vorgerückt, um ein sattelförmiges Eindecken dieser Teile mit Metallblech zu ersparen.

Die verschiedenen Formen werden den Steinen von den Schieferdeckern durch das Behauen mit dem Schieferhammer gegeben. Der Hammer ist in Fig. 11, Taf. 98, dargestellt. Er besteht aus der Schere, dem mittleren Teile, welcher nach dem Querschnitt a b, Fig. 12, gestaltet ist, der Spitze zum Einschlagen der Nagellöcher, und aus dem Nacken, der in einer ebenen Fläche endigt und als eigentlicher Hammer zum Eintreiben der Nägel dient.

Der zu behauende Schiefer wird bei dieser Operation, wenn es im großen geschieht, auf dem Rücken der **Klammer**, im kleinen und besonders beim Nachhauen auf dem Dache selbst, auf dem Rücken der **Bank** oder des **Steges** so aufgelegt, daß er nur gerade an der Stelle aufliegt, wo er von der Schere des Hammers getroffen wird. Zu diesem Zweck sind die Rücken der Klammer, Fig. 13, Taf. 98, sowohl, als der Bank, Fig. 14, etwa daumendick zugeschärft und in ihrer Schneide etwas konvex gestaltet. Beide Instrumente werden mit ihren Spitzen, die Klammer in eine Bank, auf welcher der Arbeiter sitzt, der Steg in einem Dachsparren eingehauen.

Beim Behauen der Schiefer bleibt die obere Kante eben, während die untere schräg absplittert. Diese Abschrägung heißt der Hieb und die Seite des Steins, auf welcher sie befindlich, die **Hiebseite**, so daß also bei dem in Fig. 15, Taf. 98, im Querschnitte dargestellten Schiefer die Hiebseite sich unterhalb befindet. Dies letztere findet beim Behauen immer statt, während beim Decken, mit wenigen Ausnahmen, die Hiebseite nach oben zu liegen kommt.

Beim Zuhauen der Schiefer ist noch folgendes zu beobachten:

1. Wenn die Schiefer nicht gleich dick, sondern keilförmig gestaltet sind, so sind sie so zu behauen, daß die dünnere Kante die **überdeckte**, die dickere aber die **überdeckende** wird, damit die Steine sicht dichter aufeinander lagern können. Bei den First- und Ortsteinen wird daher die dickere Seite nach unten gerichtet.
2. Die reinste, ebenste Seite des Schiefers soll auf dem Dache die oberste werden. Unreinigkeiten, d. h. Erhöhungen, sogenannte „Putzen“, sind auf der unteren Seite da unschädlich, wo der Stein hohl liegt; liegt er aber damit auf der Schalung oder auf einem Steine so auf, daß dadurch eine stellenweise Erhöhung und daneben eine Höhlung, eine „Kluft“ entstände, so muß die Unebenheit durch einen scharfen Meißel abgestoßen und der Stein dadurch eben und lagerhaft gemacht werden. Bei dem gewöhnlichen Deckschiefer ist es nur der mit dem Namen Brust bezeichnete Teil, der unmittelbar auf der Schalung aufliegt.

Die **Nagellöcher** werden im allgemeinen so eingehauen, daß die durch das Aussplittern entstehende trichterförmige Erweiterung bei dem eingedeckten Steine sich oberhalb befindet. Eine Ausnahme machen die sogenannten **Bußnagellöcher**, die umgekehrt von oben nach unten eingehauen werden, so daß die trichterförmige Erweiterung an der Unterfläche des eingedeckten Steins sich befindet. Diese Nagellöcher sind in den Figuren der einzelnen Steine an ihren Orten so bezeichnet, daß zwei konzentrische kleine Kreise ein gewöhnliches, ein einfacher Kreis aber ein Bußnagelloch bedeutet.

Hiernach erhält ein Deckstein, Fig. 4, Taf. 98, oberhalb 2—3 Nägel und am Rücken zwei, welche um so weiter nach oben rücken, je flacher das Dach ist. Der Gratstein, Fig. 9 oder 10 derselben Tafel, hat längs des Rückens 3—4 Nägel und einen Bußnagel bei m, der von den runden Ballen d c, Fig. 9, des folgenden Steins überdeckt wird; dasselbe geschieht bei dem Bußnagel m des Firststeins, Fig. 8, Taf. 98.

Da nämlich unbedeckte Nägel sich nach und nach herausziehen, auch Gelegenheit zum Eindringen des Wassers geben, so müssen die Stellen für dieselben so gewählt werden, daß die Nagelköpfe durch den Nachbarschiefer daneben oder darüber überdeckt werden. Die einzige Ausnahme hiervon macht der Schlußstein, dessen Bußnägel natürlich unbedeckt bleiben; außer diesen dürfen aber auf einer richtig eingedeckten Schieferfläche keine Nagelköpfe sichtbar sein.

Die Schiefernägel sind etwa 4 cm lang und quadratisch im Querschnitt. Der Kopf hat zwei, oben ebene, dünne und biegsame Flügel, damit sich diese beim Einschlagen aufwärts biegen und sich an die Wände des trichterförmigen Nagelloches anlegen. Die Bußnägel sind etwa 5,5 cm lang, ebenfalls quadratisch im Querschnitt, haben aber einen Kopf, der eine oben und unten ebene, 1 cm im Durchmesser haltende Scheibe bildet, welche das von oben nach unten eingehauene Loch überdeckt.

Die Schiefer dauern länger als die Nägel, welche durch Oxydation zerstört werden, wodurch das Dach leicht vor der Zeit „**nagelfaul**“ wird, ausgebessert und endlich umgedeckt werden muß. Es ist daher von großer Wichtigkeit, die Nägel vor dem Oxydieren zu schützen, weshalb man sie vor dem Einschlagen in Öl und Firnis legt, oder verzinkte Nägel verwendet. Verzinkung ist jedoch gewöhnlich nicht von langer Dauer, und man sollte deshalb bei solider Ausführung verbleite, verkupferte, messingene oder Hartkupfernägel verwenden, da die Ersparnisse an dieser Stelle in keinem Verhältnis zu den sonstigen Aufwendungen stehen.

Auch die **Kehlen** werden bei der deutschen Deckungsart mit Schiefer ausgelegt.

Die Fig. 1 u. 2, Taf. 99, stellen eine solche in horizontaler Projektion dar, wobei wir uns aber alles in die Ebene des Papieres ausgebreitet denken müssen, und Fig. 3 derselben Tafel einen Querschnitt senkrecht auf die Kehllinie

In Fig. 1 stellt 5, 5′, 11, 11′ das Kehlbrett dar, das in einer Breite von 15—21 cm so auf die Bretterschalung, welche den Schiefern des Daches zur Grundlage dient, genagelt wird, wie dies Fig. 3 bei k zeigt. Die Breite des Kehlbrettes wächst mit der Abnahme des Kehlwinkels, also mit der Steilheit der denselben bildenden Dachflächen. Auf ihm werden die Kehllinie a b, Fig. 1, und außerdem noch zwei hiermit parallele Linien, so abgeschnürt, daß dadurch die Breite des Kehlbrettes in vier gleiche Teile geteilt wird. Die Linien 4g und 4h, Fig. 1, zeigen die Richtung der Fußlinien der beiden Dachflächen, die hier unter einem rechten Winkel zusammenstoßend angenommen sind, aber ebensogut auch einen spitzen oder stumpfen Winkel bilden können.

In der Kehle selbst sind zwei Gebinde aus den Kehlsteinen p, n, m; p′, n′, m; p″, n″, m″, und p‴, n‴, m‴ bestehend, dargestellt, die von den auf den Dachflächen gezeichneten Deckgebinden E′, E″ u. s. w. und D, D⁴, D⁵ u. s. w. überdeckt werden. Das aus den Kehlsteinen p, n, m und p′, n′, m′ bestehende Kehlgebinde soll ein **oberes** und das darunter befindliche ein **unteres** Gebinde heißen. Das unterste oder **Traufgebinde** der Kehle ist in Fig. 2 besonders gezeichnet.

Um ein **unteres** Gebinde der Kehle einzudecken, wird zuerst ein „**langer Wasserstein**", 3, 2, 4, Fig. 1, auf dem Kehlbrette so befestigt, daß seine Mittellinie auf die Kehllinie a b fällt. Dieser Stein ist in Fig. 4 im größeren Maßstabe besonders dargestellt, und wird oben am Kopf mit vier Schiefernägeln, außerdem aber noch mit zwei Bußnägeln bei m m, Fig. 4, festgenagelt. Der Wasserstein erhält oben am Kopf und unten an der Bahn den Hieb auf der Oberseite, an den beiden langen Seiten aber an der Unterfläche. **Die Breite desselben ist gleich der halben Kehlbrettbreite.** Auf diesem Wassersteine wird nun rechts mit den **rechten Kehlsteinen** m‴, n‴, p‴, B′ und links mit den **linken Kehlsteinen** m″, n″, p″, A′ die Kehle in der Art herausgedeckt, daß die beiden Kehlsteine m″ und m‴ in der

Fig. 1142.

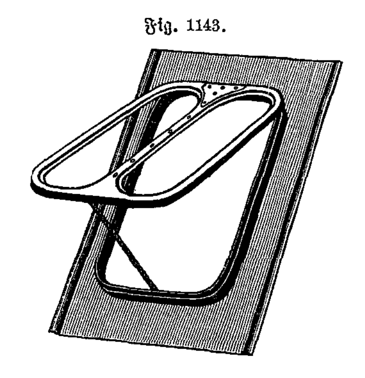
Mitte des Wassersteins mit ihren langen Kanten zusammenstoßen, und letzterer nur mit seiner unteren stumpfwinkligen Spitze sichtbar bleibt.

In Fig. 5 ist ein rechter und in Fig. 6 ein linker Kehlstein vergrößert dargestellt. Dieselben erhalten am Rücken, nämlich von e bis d und gegen b hin, den Hieb an der Unterfläche, bei b a f c e aber an der Oberfläche. Die Nagellöcher sind auch hier, wie früher, an ihren Ort gezeichnet. Die Rückenkanten d e erhalten deshalb den Hieb unten, damit sie da, wo der Rücken sich nach den Dachflächen hin erhebt, dichter aufliegen; die vorderen (Gesichts-) Kanten aber an der Oberfläche, aus demselben Grunde wie die Decksteine, damit das Wasser hier sicherer ablaufe. Sämtliche Kehlsteine sind ebenso breit als die Wassersteine und überbinden seitwärts sich gegenseitig um die Hälfte ihrer Breite. Die Bahnlinien dieser Kehlsteine werden so abgehauen, wie es Fig. 1, Taf. 99, zeigt. Bei diesem Eindecken ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Vorderkanten der Kehlsteine p″ und p‴, Fig. 1, genau über die Seitenkanten des Kehlbretts treffen und die vier halben Steinbreiten der Steine n″, m″, m‴, n‴ gleich der Breite des Kehlbretts sind, was eintreffen muß, wenn das Vorstehende genau beobachtet wird. Ohne diese Genauigkeit kommt der Decker leicht in Unordnung. Auf der linken Seite bildet der Stein A′, Fig. 1, die Verbindung zwischen dem gewöhnlichen Deck- und dem Kehlgebinde, indem er einerseits den Kehlstein p″, andererseits aber den Deckstein C überbindet, selbst aber von den Decksteinen D^4, C′ des oberen Deckgebindes und von dem Steine A des oberen Kehlgebindes überdeckt wird. Die Steine A und A′ bilden in ihren Formen an den Ecken abgerundete Dreiecke, wie dies die Fig. 1 zeigt. Auf der rechten Seite überdeckt der Stein B′ den Kehlstein p‴ und wird seinerseits von dem Deckstein E′ überbunden, welcher Anfänger des Deckgebindes D′ D′ wird.

Das obere Kehlgebinde wird auf dieselbe Weise gebildet wie das untere, nur ist noch besonders folgendes zu bemerken. Das obere Gebinde muß das untere so dicht überbinden, daß nirgends eine Lücke bleibt, durch welche Wasser eingetrieben werden könnte, wie solches in der Figur durch die punktierten Köpfe der unteren Kehlsteine angedeutet ist. Der Wasserstein 1, 2, Fig. 1, des oberen Gebindes kommt mit seiner Breite zwischen die Vorderkanten der Kehlsteine n″ und n‴ des unteren Gebindes zu liegen, und er muß den zwischen diesen Kanten um die Schieferdicke vertieften Raum so vollkommen ausfüllen, daß seine Seitenkanten genau gegen die von den Steinen n″ und n‴ passen. Im Verfolg der Eindeckung des oberen Gebindes stoßen ferner die Rückenkanten der Steine m und m′ des oberen Gebindes mit den Vorderkanten der Steine p″ und p‴ des unteren zusammen, ebenso reichen die Rückenkanten der Steine n und n′ an die Vorderkanten der Steine A′ und B′, und die Rückenkante des Steins p′ im oberen Gebinde stößt an die Vorderkante des Steins E′, so daß die Rücken der Steine p und p′ des oberen Gebindes von den Steinen A und B überbunden und durch diese auf dieselbe Weise mit den anstoßenden gewöhnlichen Deckgebinden in Verbindung gesetzt werden, wie dies durch die Steine A′ und B′ mit den Kehlsteinen p″ und p‴ des unteren Gebindes der Fall war.

Alle übrigen höher oder tiefer liegenden Kehlgebinde können als obere oder untere angesehen und nach den hier gegebenen Regeln eingedeckt werden; nur das unterste oder Traufgebinde macht eine Ausnahme. Der lange Wasserstein dieses Gebindes erhält womöglich die ganze Breite des Kehlbrettes zur Breite, und die zunächst darauf liegenden Kehlsteine x und y, Fig. 2, Taf. 99, reichen bis an die Dachverschalung, d. i. bis a und a′, Fig. 2, haben also zusammen die Breite des Kehlbretts. Diese werden ihrerseits von den Kehlsteinen v und z, Fig. 2, überdeckt, und zwischen die Vorderkanten dieser Steine kommt der lange Wasserstein des zunächst oberen Gebindes zu liegen, wie schon früher erläutert wurde, und es geht hieraus hervor, daß nur allein der Wasserstein des Traufgebindes vorteilhaft eine große Breite erhalten darf, nicht aber die Wassersteine der höher liegenden Gebinde. In Fig. 2 bezeichnet ferner a a′ die Vorderkante des Traufbretts, über welche die Bahnen des langen Wassersteins w und der Kehlsteine v, x, y und z hinwegreichen. Die Kante a b des Fußsteins a b c d der linken Dachfläche lege man so an die Kehlbrettkante a a′, daß die Bahn a c des Fußsteins in die Trauflinie der linken Dachfläche fällt und reiße mit a b parallel die Bahnlinie w e in einer solchen Entfernung von

Fig. 1143.



a b an, als die Dicke, in welcher der Fußstein a b c d von den Kehlsteinen überbunden werden soll, dies erfordert; auf dieselbe Weise verfährt man auf der rechten Seite mit dem Fußsteine a′, b′, c′, d′. Die auf diese Weise erhaltenen Bahnrichtungen des Traufkehlgebindes geben dann auch die für alle übrigen Kehlgebinde an. Alles übrige wird aus den Figuren und dem früher Gesagten hinlänglich deutlich

hervorgehen, denn die Kehlsteine überbinden sich ganz auf die frühere Weise, und die Steine A und B, Fig. 2, vermitteln auch hier, gerade so wie in Fig. 1, die Verbindung der Kehlgebinde mit den gewöhnlichen Deckgebinden der beiden Dachflächen.

Fig. 1144.

Statt dieser sogenannten rechts und links gedeckten Kehlen, die, obwohl die beste Deckungsweise, bei uns im allgemeinen wenig üblich sind, kann auch die Einbindung nach der in Fig. 1142 gezeichneten Art erfolgen, wonach entweder die Kehle von der Linken gegen die Rechte gedeckt wird — rechte Kehle —, so daß die rechts folgenden Steine die links vorhergehenden decken, oder es wird von der Rechten gegen die Linke gedeckt — linke Kehle —, so daß die links folgenden Steine die rechts vorhergehenden überdecken. In Fig. 1142 bildet AB eine rechte Kehle und AC eine linke Kehle. Die rechts gedeckte Kehle AB besteht aus 6 Kehlgebinden a bis f. Das erste Kehlgebinde a am Fuß besteht aus den Kehlsteinen 1—8, die nach der Ordnung der Ziffern aufgenagelt sind, so daß Stein 2 auf 1, Stein 3 auf 2 u. s. w. gedeckt wird. Das folgende Gebinde b deckt das erste Gebinde a.

Ob eine Kehle von rechts nach links oder umgekehrt gedeckt wird, hängt bei gleich geneigten Dächern von der herrschenden Windrichtung ab. Wo Kehlen durch zwei verschieden geneigte Dachflächen gebildet werden, deckt man dieselben immer aus der flacheren in die steilere, also auch von der Dachfläche nach einer lotrechten Wand hin, wie dies bei Dachfenstern vorkommt. Bei verschieden hohen Dächern, wie z. B. bei den Dachflächen C, C und B, B, Fig. 1141, deckt man stets aus der niedrigeren in die höhere, wegen des von letzterer in größerer Menge herabfließenden Wassers.

Fig. 1141[1]) giebt die Gesamtanordnung eines nach deutscher Art eingedeckten Daches mit Walmen, einschneidendem Giebel- und Kegeldach, Dachfenstern, Traufen, Ortgängen, Firsten, Gräten und Kehlen, die die Führung der Gebinde und die Form und Anordnung der Schiefer in allen Teilen zeigt, so daß nach dem bisher Mitgeteilten weitere Erläuterungen überflüssig erscheinen.

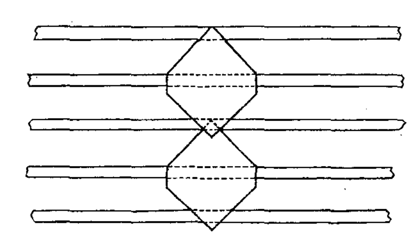
Es soll nur aufmerksam gemacht werden auf die Leg- oder Blechfenster, die zur Lüftung und Beleuchtung der Dachräume in die Deckung eingelegt werden. Hierzu eignen sich besonders die aus einem Stücke aus verzinktem Eisenblech hergestellten patentierten Dachfenster von Hilgers in Rheinbrohl, Fig. 1143, die sehr dauerhaft sind und, weil aus einem Stück bestehend, nicht undicht werden können.

Die deutsche Deckart eignet sich besonders zur Eindeckung von Mansarden- und Turmdächern und ist ein solches in Fig. 1144 dargestellt, dessen Spitze mit Zinkblech oder besser Walzblei gedichtet ist. Die Decksteine werden von unten nach oben in abnehmender Größe genommen. Die linken Gräte zeigen Strackorteindeckung, die weniger zweckmäßig und nicht so schön ist als die gewöhnliche an

1) Nach: Die Arbeiten des Dachdeckers, Darmstadt 1866.

den rechts liegenden Gräten gezeichnete, wobei zu beachten ist, daß auf der Wetterseite die Ortsteine die anschließenden Steine der nächsten Turmseite überbinden, d. h. ca. 4—6 cm über den Grat vorstehen müssen, um das Einbinden mit Gratblechen zu sparen. Denn gerade in diesen geschieferten Gräten liegt wesentlich die Schönheit dieser Dächer, da durch sie die Kontinuität der Gesamtfläche des Daches gewahrt und erreicht wird.[1])

Fig. 1145.



Neben dieser seit Jahrhunderten bewährten Eindeckungsart hat sich in Anlehnung an die französische Deckart auch das Schuppendach mit bestimmten „Schieferschablonen" eingebürgert. Besonders sind es die sechseckig rechtwinkligen, Fig. 1145, die sechseckig spitzwinkligen, Fig. 1146, die fünfeckigen, Fig. 1147, die achteckigen (Octogones), Fig. 1148, und die abgerundeten (Coquettes), Fig. 1149, die von verschiedenen Schiefergewerkschaften geliefert und

Fig. 1146.

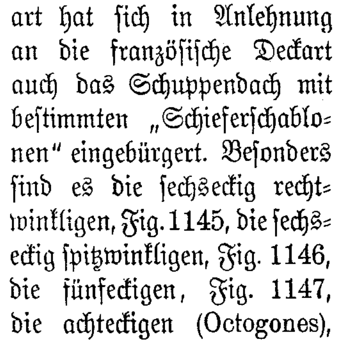
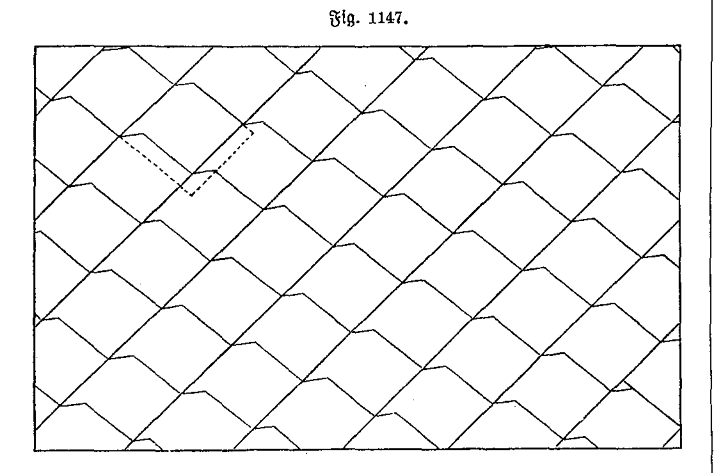


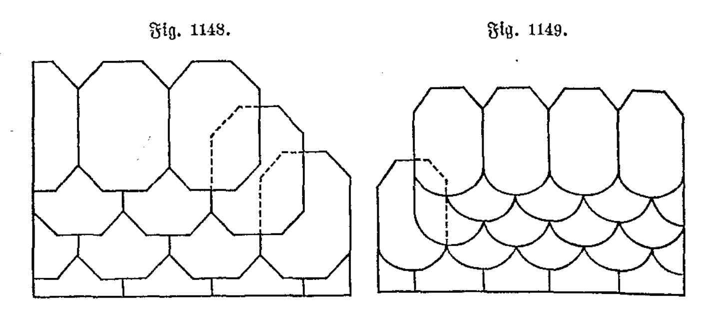
Fig. 1147.



vielfach verwendet werden. Die Gräte können eingeschiefert werden, doch ist es nur mit äußerster Sorgfalt möglich, sie einigermaßen dicht zu bringen, weshalb die Bekleidung mit Gratblechen zu empfehlen ist. Diese Schablonen eignen sich besonders zur Herstellung von Musterungen mit verschiedenfarbigen Platten.

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1882, S. 135.

Fig. 1148. Fig. 1149.



§ 14.

Französische Deckmethode.

(Mit Schiefern.)

Während die deutsche Deckmethode einer zusammenhängenden Unterlage oder Schalung bedarf, können die Schiefer, wenn sie wie Dachziegel regelmäßig gestaltet werden, auch wie diese auf einer Lattung ihre Befestigung finden, Fig. 1145. Darin liegt das charakteristische der französischen Deckmethode, d. h. in der regelmäßigen Form der Schiefer und der daraus entspringenden Möglichkeit, sie auf Latten aufnageln zu können. Die ältesten Deckschiefer sollen sich nach Viollet-le-Duc[1]) durch außergewöhnliche Dicke und rohe Zurichtung von den später verwendeten auszeichnen. Sind Schiefer von verschiedener Dicke vorhanden, so wird man wohl die stärkeren in der Nähe des Dachfußes, die schwächeren hingegen bei der First zu verwenden suchen.

Die Eindeckung mit regelmäßigen Schiefern hat Ähnlichkeit mit der doppelten Eindeckung des Biberschwanzdaches und findet im Verbande statt, wie dies die Fig. 1 bis 7, Taf. 100, zeigen. Aus diesen Figuren ist auch ersichtlich, daß die untere Begrenzung der Decksteine eine

1) Danach soll der Schiefer in Frankreich schon im 11. Jahrhundert neben dem Platt- und Hohlziegel, aber nur bei untergeordneten Gebäuden, Verwendung gefunden haben; dagegen sei mit dem 12. Jahrhundert eine allgemeine Verwendung desselben als Deckmaterial eingetreten und im 13. Jahrhundert habe man ihn dem Ziegel vorgezogen. Die Dicke der Schiefer aus dem 12. und 13. Jahrhundert betrage 10—15 mm, dagegen die des 15. Jahrhunderts nur 5—8 mm. Ebenso sei die Breite der älteren Schiefer 18 cm bei 25 cm Höhe und bei einer Überdeckung von $^2/_3$—$^3/_4$ der Steinhöhe — ungeachtet der damals üblichen steilen Dächer —, so daß nur $^1/_3$—$^1/_4$ des Steins sichtbar blieb. Vom 14. Jahrhundert an sollen die Schiefer zur Bekleidung einzelner Holzteile, als Pfosten, Pfetten, Riegel u. s. w., sowie ganzer Wandflächen benutzt worden sein.

ardoise = Schiefer (f.)
ordinaire = ordnungsgemäß
gewöhnlich

sehr verschiedene sein kann. Von den in Frankreich befindlichen Schieferbrüchen sind es die von Angers, welche jährlich das größte Quantum Schiefer liefern, die auch in Deutschland viele Verwendung finden. Die Spaltbarkeit dieser Schiefer ist sehr groß, weshalb sie sich vorzugsweise zum Export eignen.

Die in verschiedenen Abmessungen angefertigten Schiefer aus den Brüchen von Angers sind in zwei Abteilungen gebracht, und zwar in solche, welche nach französischen Mustern — ardoises ordinaires — und in solche, welche nach englischen Mustern — ardoises modèles anglais — zugerichtet sind.

Die Weite der Latten ist abhängig von der Höhe der Schiefer und der Größe der Überdeckung. Ihre Breite beträgt 11—13 cm bei 15—16 mm Dicke. Die Befestigung der Latten findet mit zwei Nägeln auf jedem Sparren statt, wie auch jeder Schiefer mit mindestens zwei Nägeln befestigt wird. Dabei unterscheidet man geschmiedete Nägel, gepreßte Nägel (des clous mécaniques) und Drahtstifte (des pointes), von welchen man den ersten den Vorzug giebt.

Die großen Übelstände, die die Nagelung der großen Schiefersteine dadurch mit sich bringt, daß bei geringen, durch Sturm, Werfen des Holzes oder Betreten des Daches hervorgerufenen Bewegungen die Nägel leicht ausspringen, und bei Ausbesserungen die Nagellöcher nicht mehr durch darüber liegende Platten gedeckt, sondern nur mit Kitt gedichtet werden können, führten zu Eindeckungsmethoden, bei denen die Schiefertafeln durch Eisendrähte befestigt oder mit Haken festgehalten und an die Latten angehängt werden. Diese Konstruktionen, die manche Nachteile im Gefolge haben, eignen sich im allgemeinen für unsere Witterungsverhältnisse nicht, stehen entschieden einer soliden deutschen Deckung nach, und haben bei uns auch keinen Eingang gefunden.[1])

Die Taf. 101 u. 102 zeigen die Eindeckung der Firstlinien, der Gräte, Dachfenster, Dachhaken u. s. w. mit Metall, wozu entweder Blei-, Zink- oder Kupferblech benutzt werden kann. Da die Zeichnungen, welche wir samt Taf. 100 der Revue générale de l'Architecture entnommen haben, sehr deutlich sind, die Eindeckung mit Metall im dritten Band dieses Werkes ausführlich besprochen ist, so können wir uns hier kurz fassen. Fig. 1, Taf. 101, zeigt eine in Frankreich übliche Behandlungsweise eines Mansarddaches, dessen unterer steiler Teil mit Schiefer, und dessen oberer, flacherer Teil mit Zink nach dem Leistensystem eingedeckt ist. Ferner sind mit stark vortretenden breiten Zinkleisten die einzelnen Flächen des unteren Daches eingefaßt und durch ein kräftiges Gesims bekrönt. Fig. 2 stellt die Eindeckungsweise eines Dachrandes dar mit besonderer vortretender Schieferreihe, während in Fig. 3 u. 4 zwei verschiedene Methoden angegeben sind, nach welchen die Fuge der Gräte gegen das Eindringen der Nässe geschützt werden kann. Die billigere Konstruktionsweise, welche auch hier zu Lande in Übung ist, stellt Fig. 4 dar, wobei die Fuge mit nach den beiden Dachflächen stumpfwinklig gefalzten Blei- oder Blechstreifen von 12—15 cm Breite abgedeckt wird. In Entfernungen von 30—45 cm wird das Blech — Schiefergratblech genannt — durch Nägel befestigt, deren Köpfe mit an das Blech gelöteten Bleiplättchen — sogenannten Bleilaschen — von 6—7 cm Größe abgedeckt und gegen Oxydation geschützt werden. Am leichtesten findet die Befestigung statt, wenn die Nägel längs der Gratlinie eingeschlagen werden, indem dann die Mühe erspart wird, sie durch die Schiefer zu schlagen.

Kostspieliger dagegen ist die in Fig. 3—6 gegebene Grateindeckung mit kleinen Zinkplatten, deren Größe sich nach der der Schieferhöhe richtet. Diese Bleche können in ihrer Zusammensetzung entweder einen Wulst oder Grat bilden, je nachdem man sie ineinander eingreifen läßt. Ihre Befestigung findet mit verdeckten Haften statt, wie solche in Fig. 6 besonders gezeichnet sind. Die Eindeckungsweise ist solid, gewährt ein gutes Ansehen und ist dabei die große Dehnbarkeit des Zinks berücksichtigt, indem jede Tafel sich frei nach allen Seiten ausdehnen und zusammenziehen kann.

Die Eindeckung zinkener Dachluken, welche zur Speicherlüftung angebracht werden, ist in Fig. 1, Taf. 102, dargestellt. Dieselben müssen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, in verschiedenen Höhen und an verschiedenen Seiten eines Daches angebracht werden.

Die Dachhaken, Fig. 2, dienen bei der Reparatur der Schieferdächer, und werden mit Nägeln oder besser und sicherer mit Schraubenbolzen auf den Sparren befestigt. Die obere Hälfte des Hakens wird mit Blei abgedeckt, während die untere Hälfte einer Unterlage von Bleiblech bedarf, damit das am Haken ablaufende Regenwasser unschädlich gemacht wird.

Fig. 3 zeigt die Eindeckung eines Dachfensters, sowie endlich Fig. 4 verschiedene Arten der Firsteindeckung, vom einfach gebogenen Firstblech, ganz ähnlich dem auf Taf. 101 Fig. 4, dargestellten Schiefergratblech, bis zu den mannigfach bewegteren Firstblechen, welche der Form der sogenannten Firstleiste angepaßt sind.

Die regelmäßige Form der französischen Schiefer und das Vorkommen in verschiedenen Farben hat schon frühzeitig die Eindeckung nach verschiedenen Mustern hervorgerufen; die ornamentierte Eindeckung oder Mosaikeindeckung ist jetzt noch in Frankreich sehr beliebt.

1) Näheres hierüber im Handbuch der Architektur, III. Teil, II. Bd., 5. Hft., S. 60.

§ 15.

Englische Deckmethode.

(Mit Schiefern.)

Diese unterscheidet sich im wesentlichen nicht von der französischen, nur ist die Rechteckform der Schiefer weit vorherrschender als in Frankreich.

In England, namentlich in den Grafschaften Cumberland und Northumberland, in Lancashire, in Westmoreland, in Westschottland, in Cornwall und in Wales, wird ein ganz vorzüglicher Schiefer in außerordentlicher Menge gebrochen, der nicht nur zu Dachdeckungen, sondern auch zu Treppenstufen, zum Belegen von Fußboden in bedeckten und unbedeckten Räumen, zu Cisternen u. s. w. verbraucht und in sehr bedeutenden Massen ausgeführt wird.[1] Dieser Schiefer unterscheidet sich von dem in Deutschland vorkommenden im allgemeinen hauptsächlich dadurch, daß er langfaserig gewachsen und sich deshalb leicht zu regelmäßigen Platten von gleicher Größe bearbeiten läßt. Daher wird in England aller zum Dachdecken bestimmter Schiefer zu Rechtecken bearbeitet.

Diese Schiefer, die in Norddeutschland immer noch vielfach verwendet werden, werden entweder auf vollständiger Schalung oder auf einer Lattung verlegt.

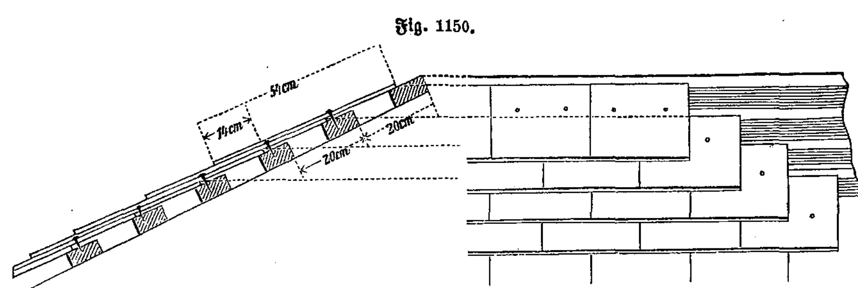
Erstere hat man besonders da angewendet, wo eine geschlossene Balkenlage unter dem Dache fehlte, oder wo der Wind von unten gegen die Dachfläche wirken konnte. Sonst hat man aber das Decken auf einer Lattung vorgezogen, weil sich eine Bretterschalung leichter wirft und ein Losewerden und Zerspringen der Schiefer zur Folge hat, auch weil sich entstehende Schäden schwerer entdecken und ausbessern lassen. Ebenso hat man eine der deutschen Deckmethode ähnliche, mit schräg laufenden Schiefergebinden, wozu die rechteckigen Platten an den Ecken abgerundet wurden, bald verlassen, weil dabei die langen Platten über mehrere Schalbretter fortgreifen und auf diesen genagelt werden müssen. Werfen und ziehen sich nun die Schalbretter, so entfernen und nähern sich die Nagelpunkte abwechselnd und veranlassen dadurch ein Sprengen der Platten. Dieser Umstand ist besonders dann von Wichtigkeit, wenn die Dachschalung dem häufigen Naßwerden unterhalb durch aufsteigende Wasserdämpfe ausgesetzt ist.

Nach mehreren Versuchen hat man die in England allgemein übliche Deckweise mit zur First parallelen Schichten auf einer Lattung als Regel aufgestellt, und ist dabei auf folgende Weise verfahren.

Die Neigung der Dachflächen hat man mit Ausnahme weniger Fälle zu $^1/_5$ angenommen, d. h. $^1/_5$ der Tiefe bei Satteldächern zur Höhe genommen. Mehrere sehr freiliegende Dächer, welche auf $^1/_6$ eingedeckt wurden, haben sich nicht gut gehalten, doch scheint diese Neigung bei mehr geschützter Lage und zuverlässiger Arbeit ebenfalls noch zulässig. Die größte Sorte Schiefer von 60×35 cm gewährt einen ökonomischen Vorteil, doch leiden diese großen Platten mehr durch den Sturm, und man hat sich später für die kleineren Sorten von 50×25 und 22×44 cm entschieden.

Wo man eine volle Schalung anordnen muß, stellt man diese aus 24—27 cm breiten, 3 cm starken Brettern her, welche nur gefugt, sonst aber rauh gelassen, bei diesen großen Schiefern aber immer parallel zur First gelegt werden. Bei Anwendung einer Lattung besteht diese aus 9 cm breiten, 4,5 cm starken vollkantigen Latten. Die Lattweite wird so bemessen, daß jede Platte mit ihrem oberen Rande etwa 2 cm auf der Latte liegend, die dritte unter ihr liegende Platte noch um 9—15 cm überdeckt, wie dies Fig. 1150 zeigt. Zieht man daher die Größe dieser Überdeckung von der Länge der Platten ab, so darf man nur den übrig bleibenden Rest durch 2 dividieren, um die Lattweite zu erhalten.

Fig. 1150.



Die Nagelung geschieht dicht über dem unterliegenden Steine, also ca. um die Lattweite vom oberen Rande entfernt. Jeder Schiefer von der angegebenen Größe erhält zwei Nägel und es ist darauf zu sehen, daß jeder Schiefer mit seiner Oberkante genau auf der zugehörigen Latte aufliegt, damit keine Drehung um die Nagellinie stattfinden kann.

---

1) Eine sehr ausführliche und interessante Beschreibung der Schieferbrüche von Nord-Wales findet sich in dem 4. Hefte des 1. Bandes des „Notiz-Blattes des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover", wo man auch über die Art des Bezuges bemerkenswerte Angaben findet.

C. Mit Asphalt- und Teerpräparaten hergestellte Deckungen.

§ 16.

Das Pappdach.[1)]

Die Asphalt-, Stein- oder Teerpappe ist keine Erfindung der Neuzeit. Sie wurde bereits 1785 von dem schwedischen Admiralitäts-Medikus Dr. Fasec in Karlskrona erfunden, und ist in jenen Gegenden seither im Gebrauche.

Als Rohmaterial verwendet man Wolllumpen, altes Papier, Abfälle der Papierfabrikation u. dergl. m. Die beste Pappe wird jene sein, die die meisten Wollfasern enthält, weil diese der Verwitterung viel länger widersteht als jede Art vegetabilischer Faser. Verwerflich sind Zusätze von Stroh, Lohe, Torfmull, Holzmehl und namentlich von Kalkerdeverbindungen, wie Kreide, Kalkstein, Gips u. dergl., weil Kalkerde mit den Zersetzungsprodukten des Steinkohlenteers, die bei dem Verwitterungsprozeß entstehen, im Wasser lösliche chemische Verbindungen eingeht, infolgedessen die verwitterten Bestandteile im Regenwasser aufgelöst und fortgespült werden.

Je nach der Beschaffenheit der zur Herstellung der Dachpappen verwendeten Imprägnierungsmassen unterscheidet man:

1. Die gewöhnliche Teerpappe oder Steinpappe, die nur mit reinem, mehr oder minder wasserfreiem, unentöltem, dünnflüssigem Steinkohlenteer getränkt wird. Sie enthält sonach noch den größten Teil der flüchtigen Bestandteile des Teers und besitzt in frischem Zustande eine schlappe nachgiebige Beschaffenheit. Durch die bald eintretende Verdunstung der Kohlenwasserstoffe und durch die Beihilfe, die der Sauerstoff der Luft durch die chemische Einwirkung auf diese Kohlenwasserstoffe leistet, wird die Pappe bald steif und hart (daher „Steinpappe"), was Wiederanstriche in kurzen Zwischenräumen erfordert, ohne daß dadurch jedoch der Verwitterungsvorgang verhindert wird; die harte, spröde Dachpappe wird auch an den Umkantungen leicht brechen und besonders beim Betreten beschädigt werden.
2. Sogenannte Asphalt-Dachpappe, zu deren Herstellung dem Steinkohlenteer noch ca. 15 Prozent natürlicher Asphalt, wohl auch noch andere Harze zugesetzt sind, was der Pappe eine langdauernde Ölsättigung und gewisse Geschmeidigkeit verleiht, so daß sie als Dachmaterial eine geringere Unterhaltung als gewöhnliche Steinpappe erfordert.

Gute Dachpappe hat eine blanke Farbe; matte Farbe ist ein Zeichen, daß sie nur mit Steinkohlenteer allein getränkt ist, lappisches Anfühlen, daß der Teer wasserhaltig war. Als schärffste Probe gilt, daß die Pappe nach 24stündigem Liegen im Wasser keine Gewichtsvermehrung zeigt.

Um das Zusammenkleben der Rollenpappe zu verhindern, wird sie mit Sand bestreut, der frei von lehmigen und tonigen Bestandteilen sein muß und möglichst gleichmäßiges Korn haben soll, um eine gleichmäßige Verteilung zu ermöglichen.

Die Dachpappe wird vielfach unter hochtönenden Namen, hinter denen sich häufig mangelhafte und teure Fabrikate verstecken, in den Handel gebracht, weshalb besondere Vorsicht geboten ist.

Ebenso verhält es sich mit der zur Erhaltung der Dächer nötigen Anstrichmasse, zu der gewöhnlich der von den flüchtigen Ölen befreite Steinkohlenteer verwendet wird; dieser wird aber mit der Zeit wieder zu einer harten Masse austrocknen und durch Verwitterung zerstört, was besonders eintritt, wenn er kalkige Beimengungen enthält. Je nach der Güte der Materialien muß deshalb in kürzeren oder längeren Zwischenräumen der Anstrich erneuert werden, was die sonst billigen Teerpappdächer nicht unerheblich verteuert.

Vorzüge der Pappdächer sind die bedeutende Feuersicherheit, das geringe Gewicht, die zulässige flache Dachneigung, die eine vorteilhafte Ausnutzung des Dachraumes gestattet, und die Einfachheit der Ausführung bei verhältnismäßiger Billigkeit und großer Dauerhaftigkeit, wenn sie sachgemäß ausgeführt sind und gut unterhalten werden.

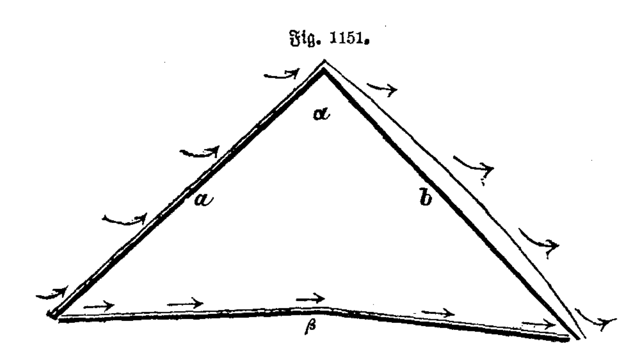
Da die Pappdächer dicht schließen, ist es zur Erhaltung des Holzwerkes durchaus erforderlich, für genügende Ventilation der darunter befindlichen Räume zu sorgen. Das Holzwerk ist nie völlig ausgetrocknet und neigt deshalb bei ungenügender Luftzirkulation leicht zu gefährlichen Pilzbildungen, die rasch eine Zerstörung des Holzes herbeiführen.

Die Dachneigung beträgt gewöhnlich $1/_{15}$ der Gebäudetiefe zur Höhe und schwankt im allgemeinen zwischen $1/_{10}$—$1/_{20}$. Eine zu große Neigung befördert das Abfließen des Teers unter dem Einfluß der heißen Sonnenstrahlen und erschwert die Arbeit, weil sich die Arbeiter mühevoller auf dem Dache bewegen; besonders werden empfindliche Schäden durch die mechanischen Wirkungen des Windes verursacht, die um so größer werden, je steiler die Dächer

1) Mit Benutzung von Büsscher & Hoffmann, Eberswalde, Mitteilungen über die wasserdichten Baumaterialien, 1892. — Hoppe & Röhming, Halle a. d. S., Das doppellagige Asphaltpappdach, Halle 1897.

sind, und zwar auf der dem Winde abgekehrten Seite. Die Erklärung ist darin zu suchen, daß die dem Sturme unmittelbar ausgesetzte Fläche a, Fig. 1151, fest gegen die Schalung gedrückt wird, während auf der anderen Seite b des Daches infolge der entstehenden Luftverdünnung eine Ansaugung und damit ein Abheben des Deckmaterials

Fig. 1151.



erfolgt. Je flacher das Dach ist, um so geringer tritt diese Ansaugung auf. Sind in dem Dachraum noch Öffnungen vorhanden, durch die der Sturm eindringen und durch die Fugen der Verschalung unter die Pappbahnen gelangen kann, so werden diese stoßweise auf- und abwärts bewegt und dadurch bedeutend beansprucht.

Die Dachschalung ist von mindestens 25 mm starken, gespundeten, höchstens 20 cm breiten, mit versetzten Stößen aufgenagelten Brettern herzustellen, die nach oben keine Waldkanten, Astlöcher u. s. w. haben dürfen, d. h. frei von allen Unebenheiten sein müssen.

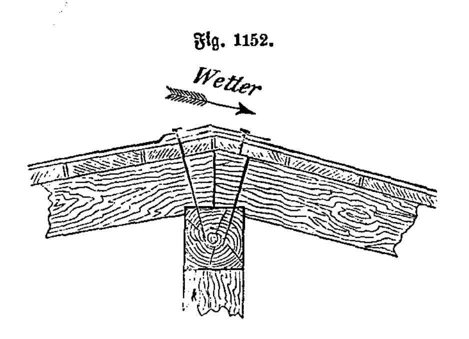
Die Dachpappe, die in Rollen von 1 m Breite und 7,50—20 m Länge hergestellt wird, kann auf drei verschiedene Arten eingedeckt werden, und man unterscheidet:

1. Die Eindeckung ohne Leisten mit offener Nagelung (sogenanntes ebenes Pappdach).
2. Die Eindeckung mit verdeckter Nagelung auf dreieckigen Leisten (Leistendach).
3. Die doppellagige Eindeckung.

1. Die Deckung ohne Leisten.

Bei dieser Eindeckung, die nur bei untergeordneten und provisorischen Gebäuden angewendet wird, liegen die Pappbahnen parallel zur Traufkante; jede überdeckt die tiefer liegende um mindestens 4 cm und wird mit dieser in Abständen von 5—10 cm fest genagelt, nachdem zwischen beide dick eingekochter Steinkohlenteer als Klebemittel gestrichen worden ist. Die unterste Pappbahn überdeckt die Traufkante um etwa 6 cm, der vorstehende Rand wird dann zur Hälfte umgebogen und in 4 cm Abstand an die Traufkante genagelt, während die am First zusammentreffenden Bahnen sich so überdecken, daß das überdeckende Ende von der Wetterseite abgekehrt ist, Fig. 1152. An der Giebelseite wird die Dachpappe wie an der Traufkante befestigt, wenn man nicht vorzieht, die Befestigung mit dreikantigen Leisten, wie bei den Leistendächern vorzunehmen; auch das Einbinden von Schornsteinen und Dachfenstern erfolgt in der bei den Leistendächern beschriebenen Weise. Ist das Gebäude länger als die Papprollen, so müssen diese gestoßen werden, wobei die Überdeckung der herrschenden Windrichtung abgekehrt sein muß.

Fig. 1152.

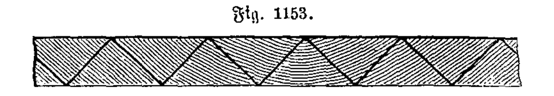


Zur Nagelung werden breitköpfige verzinkte Nägel verwendet; es ist darauf zu achten, daß die Nagelreihen nicht auf eine Fuge oder zu beiden Seiten einer solchen treffen, weil sonst die Befestigung mangelhaft und die Pappe infolge Werfens der Bretter dem Zerreißen ausgesetzt wäre. Nach Fertigstellung der Eindeckung erfolgt der Anstrich der Pappe, die zuvor sorgfältig von allen Abfällen, Staub u. s. w. gereinigt wird.

2. Leistendach.

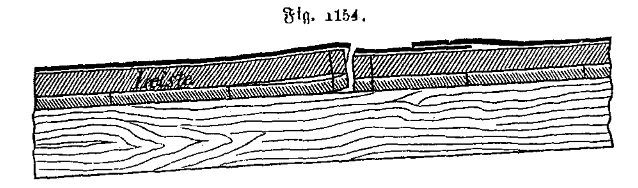
Die 65 mm breiten und 33 mm hohen Leisten, die am besten nach Fig. 1153 aus astfreiem, möglichst trockenem Holze geschnitten werden, werden senkrecht zur Firstlinie mit

Fig. 1153.



10 cm langen Drahtnägeln auf den Sparren befestigt, die 98 cm von Mitte zu Mitte entfernt liegen, so daß die Sparrenweiten der Breite der Pappbahnen entsprechen. Der Stoß der Leisten sollte stets auf ein und demselben

Fig. 1154.



Schalbrett erfolgen, andernfalls beim Werfen eines Brettes leicht ein Verschieben der △ Leistenköpfe gegeneinander und damit ein Reißen der Deckstreifen und Pappbahnen an dieser Stelle eintritt, Fig. 1154. Die Pappbahnen selbst

werden glatt und ohne Falten, von der Traufkante beginnend, zwischen den △ Leisten ausgebreitet und fest in die von diesen mit der Schalung gebildeten Winkel a,

Fig. 1155.

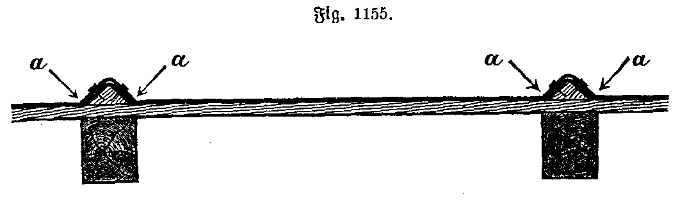
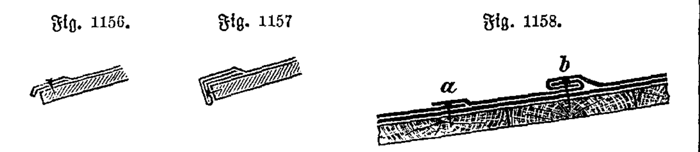


Fig. 1155, eingedrückt, damit sie nicht hohl liegen und bei etwaigem Zusammenziehen keine Spannung entsteht.

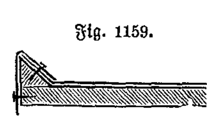
An der Traufe erfolgt die Befestigung entweder nach Fig. 1156, so daß die Pappe etwa 2 cm über die Schalung vorsteht und das Wasser abtropfen kann, oder besser nach Fig. 1157, wo noch ein Heftstreifen eingefügt ist. Der Stoß der Pappbahnen sollte nicht nach b, Fig. 1158, mit

Fig. 1156. Fig. 1157 Fig. 1158.



doppeltem Falz vorgenommen werden, da eine derartige Verbindung dem Brüchigwerden ausgesetzt ist und Wassersäcke bildet, was durch die einfache bei a gezeigte 8 cm breite Überdeckung und haltbare Verklebung in durchaus solider Weise vermieden wird. Findet der Stoß am First statt, so hat die 15—20 cm betragende Überdeckung nach Fig. 1152, an der der Wetterseite abgekehrten Dachhälfte zu erfolgen. Die Deckstreifen sind dem △ Leistenprofil entsprechend, 10 cm breit zu schneiden, in der Mitte einzukneifen und mit großköpfigen Pappnägeln in Entfernungen von 5—6 cm in der Mitte der seitlichen Leistennägel zu befestigen.

Fig. 1159.

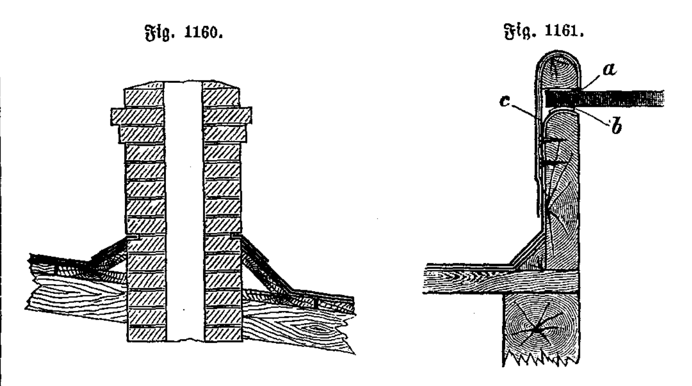


An den Giebeln erfolgt die Einbindung, soweit nicht Zink verwendet wird, nach Fig. 1159, wonach eine △ Leiste hochkantig befestigt, an dieser die in halber Breite (zur Sicherung gegen Sturmschäden) gelegte Pappbahn aufgebogen und mit entsprechend breiten Deckstreifen überdeckt wird. Rinnen und Kehlen müssen doppelt eingedeckt oder mit einer Unterlage von Dachfilz versehen werden (siehe Fig. 1181), auf die die obere Lage aufgeklebt wird.

Gräte kann man entweder wie die Firste eindecken, oder man bringt dem Grate entlang eine Leiste an, gegen die man die anderen Deckleisten anstoßen läßt; die Pappbahnen sind dann entsprechend schräg zu schneiden und ähnlich zu befestigen und zu überdecken wie an den übrigen Leisten.

Schornsteine, Giebelmauern und andere aufgehende Mauerteile werden nach Fig. 1160, mit schrägen Anschlußbrettern versehen, an denen die Deckbahnen aufgebogen und mit Pappstreifen überdeckt werden, die auf ihrem oberen Rande in eine Mauerfuge einzubinden und mit kleinen Mauerhaken zu befestigen sind. Die Fugen sind mit Cementmörtel zu verstreichen. Besser wird der Anschluß mit Zinkblech hergestellt, das mit der Dachpappe zu überfalzen ist, in ähnlicher Weise, wie dies Fig. 1170 für die doppellagige Eindeckung zeigt.

Fig. 1160. Fig. 1161.



Die Einbindung von Glastafeln bei Oberlichtern erfolgt am besten nach der in Fig. 1161 veranschaulichten Anlage. Die Auflagerfläche des Rahmens wird abgerundet, und nachdem der ganze Rahmen mit Pappe bekleidet ist, mit einem Filzstreifen b belegt, auf den sich die Glasscheibe derart lagert, daß ihre Kante über der Abschrägung des Rahmens liegt, so daß abtropfendes Wasser nach außen abgeführt wird. Auf den Filzstreifen a setzt sich eine obere Rahmenlatte, die mit Bandeisen c befestigt wird.

Die Deckstreifen, Nähte und Traufkanten sind sorgfältig mit heißem Asphaltkitt zu überstreichen, was einen wirksamen Schutz gewährt und infolge der dichten Verklebung hindert, daß sich die Kanten aufrollen, Fig. 1162,

Fig. 1162.



wobei sich schließlich die Nagelköpfe durch Deckstreifen und Pappbahnen durchziehen, diese ihre Befestigung verlieren und viele schwer auszubessernde undichte Stellen entstehen.

Nach vollständiger Herstellung ist nunmehr der zum Überziehen der Dachfläche zu verwendende Steinkohlenteer kochend aufzutragen und die gestrichene Fläche sofort mit scharfem trockenem, lehm- und thonfreiem Sande gleichmäßig zu bestreuen. Diese Arbeit darf nur bei trockenem Dache und warmer Witterung vorgenommen werden, da anderenfalls keine innige Verbindung des Überzuges mit

der Dachpappe eintritt und ein stellenweises Abschälen zu erwarten ist.

Durch Übertragen der Dachfläche mit Kies oder Erde entzieht man sie der unmittelbaren Einwirkung von Sonne und Atmosphäre, wodurch die Temperaturunterschiede gemildert und der asphaltartige Überzug besser konserviert wird. Gegen den Übelstand, daß die Erde nach langem Regen abgewaschen oder nach langer Trockenheit staubförmig und der Kies gelockert wird, kann man sich dadurch schützen, daß man die Erde mit Rasen bepflanzt und den Kies mit einem lehmigen Bindemittel befestigt und haltbar einbettet.

3. Das doppellagige Pappdach.

Das doppellagige Pappdach verdankt seine Konstruktion der Erfahrung, daß bituminöse Stoffe, wie Goudron,[1]) Trinidad-epuré, weiches Steinkohlenpech u. s. w. lange Zeit der Witterung ausgesetzt, nicht austrocknen und sich nicht wesentlich verändern, weil sie schwerölige, amorphe, nicht poröse Massen bilden, aus denen etwa noch verflüchtbare Bestandteile nur schwer verdunsten können. Da aber eine solche auf die Papplage aufgebrachte Schicht unter dem Einfluß der Wärme weich werden und abfließen würde, so ordnet man eine zweite obere Papplage an, die wesentlich den Zweck hat, jene Isolierschicht in ihrer Stärke und Lage zu erhalten, und als schützende Hülle die Auslaugung der flüchtigen Öle aus der Klebemasse und der unteren Papplage, sowie den dadurch herbeigeführten Verwitterungsprozeß zu verlangsamen. Hierzu tritt noch der Vorteil, daß die obere Papplage eine kontinuierliche, durch keine Nagelung unterbrochene Fläche bildet.

Die Herstellung der doppellagigen Pappdächer erfolgt in nachbeschriebener Weise:

Nach vorheriger Isolierung der Dachschalung vermittelst dünn aufgesiebten Sandes werden die einzelnen Papprollen, von der Traufe anfangend, parallel zu dieser resp. dem First mit einer gegenseitigen Überdeckung von 10—15 cm aufgerollt und an den oberen Rändern innerhalb der Stoßbreite in Nagelweiten von ca. 6 cm an der Schalung befestigt. Die Traufbahn wird in ganzer Rollenbreite derartig verlegt, daß dieselbe zwecks späterer Umkantung und Nagelung an die Kante der Dachschalung, die letztere noch um ca. 3 cm überragt. Hierauf werden die Überdeckungen (Nähte) der oberen Lagen mit den unteren durch die zwischengestrichene heiße Klebemasse fest verklebt, wobei darauf zu achten ist, daß die Masse nur in schmalen Streifen aufgetragen wird, damit sie nicht durch die Schalungsfugen tritt.

1) Siehe Kapitel VII, § 12.

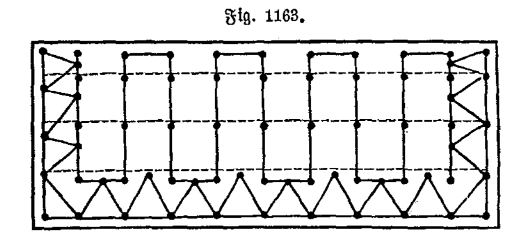
Nachdem das ganze Dach mit der stärkeren Pappe in dieser Weise fortlaufend bis zum First eingedeckt ist, wird es mit ausgeglühtem Draht folgendermaßen eingeschnürt:

Von der Traufe, beim ersten Giebelbalken beginnend, wird nach dem First hin und von diesem wieder zurück nach der Traufe der Draht in Abständen von 0,50 m, bei stark exponierten Dächern von 0,30 m straff um bis zu etwa $^3/_4$ der Länge eingeschlagene Nägel gezogen und je einmal um diese geschlungen und setzt sich dieses Verfahren bis zum anderen Giebel fort.

Die Nägel sind stets nur dicht neben dem Stoße anzuordnen, und zwar so, daß jede einzelne Drahtrichtung auf einer einzelnen Pappbahn immer nur einmal genagelt ist. Die so eingeschnürten Nägel sind alsdann einzutreiben.

Um an überstehenden Giebeln und Traufen ein Aufrollen der Asphaltpappe durch starken Sturm zu verhindern, ist sie durch kreuzweise oder zickzackartig gezogene Drähte zu sichern, Fig. 1163.

Fig. 1163.



Zur Verlegung der oberen Papplage wird die untere von etwa anhaftendem Sande befreit und alsdann an der Traufseite mit dem Aufstreichen der gehörig heißen Klebemasse insoweit vorgegangen, als das schnelle und feste Aufrollen der angelegten Pappbahnen, welche recht glatt zu streichen sind, es zuläßt. Zur Einhaltung eines Verbandes zwischen beiden Papphäuten wird die Eindeckung der oberen an der Traufe mit einer halben Bahn begonnen, welche die Traufkante um 5 cm überragt; im übrigen wird mit ganzen Rollenbreiten weiter gedeckt.

An der Traufkante wird der erzielte doppellagige Überstand umgekantet und an die Verschalung genagelt.

Die Begrenzung der freien Giebelseiten erfolgt wie bei der Deckungsmethode des △ Leistenpappdaches.

Bei aus dem Dache tretenden Schornsteinen, Giebelmauern u. dergl. kann ein ca. 10 cm breites Brett in geneigter Lage, eventuell auch eine ◺ Leiste in den scharfen Winkel befestigt werden, an deren ganzer Schräge dann die Deckbahnen unter übergreifende Zink- oder Pappstreifen aufgekantet werden, welche weiter oben in eine Mauerfuge eingebunden werden müssen.

Nach so vollendeter Deckung erhält die ganze Dachfläche den beendenden Anstrich von Steinkohlenteer-Mischung mit gleichmäßigem reinem Sandauswurf.

Ein großer Vorzug des doppellagigen Asphaltpappdaches besteht in seiner bequemen Anwendbarkeit auf massiver Unterlage — ähnlich dem Holzcementdach —, wie z. B. auf Monier-, Rabitz- und Betondecken, ohne daß Zwischen- oder Nebenkonstruktionen notwendig werden. Fig. 1164

Fig. 1164.

zeigt eine solche doppellagige Asphaltpappdeckung auf einem gewölbten Monierdach mit Hartgipsdiel- oder Korksteinisolierung, und in dem Konstruktionsdetail des Mauerauflagers die Herstellung und Verbindung der Zinktraufe mit dieser Bedachung.[1])

Schließlich sei noch bemerkt, daß alte schadhafte Pappdeckungen, ohne daß diese entfernt werden müssen, durch Überziehen mit der Klebemasse und Aufbringen der zweiten Papplage in brauchbaren Zustand versetzt werden können.

§ 17.

Das Holzcementdach.

Das Holzcementdach, dessen Erfindung dem Böttchermeister Samuel Häußler in Hirschberg in Schlesien (1839) zugeschrieben wird, besteht aus mehreren Schichten eigens dazu gearbeiteten wenig geleimten Papiers (von der Stärke dünnen Packpapiers) mit dazwischen gestrichenem sogenanntem Holzcement, einer Masse, die im wesentlichen aus Pech, Teer und Schwefel besteht. Eine solche Masse wurde von Häußler zum Dichten seiner Fässer verwendet und hiervon ist wohl der Name „Holzcement" abzuleiten. Die Deckung wurde im Laufe der Jahre vielfach verbessert und findet stets mehr Anwendung infolge ihrer großen Vorzüge, als welche insbesondere zu bezeichnen sind:

1. Die große Widerstandsfähigkeit gegen alle Witterungseinflüsse und gegen die heftigsten Angriffe von Stürmen und Hagelwetter.
2. Die Ausführbarkeit auf massiver, wie auf Bretterunterlage.
3. Sicherheit gegen Flugfeuer und gegen Übertragung des Feuers von Nachbargebäuden.
4. Vorteilhafte Ausnutzung der Dachräume wegen der geringen Dachneigung und die Möglichkeit, sie als Wohnung zu verwenden, da das Holzcementdach die Schwankungen der Temperatur in ihnen erheblich mäßigt.

Die Neigung wird nur gering angenommen und beträgt 5—8 cm pro Meter. Das Dach hat die Form eines Satteldaches, eines Pultdaches oder eines Trichterdaches, bei welch letzterem alle Rinnenanlagen wegfallen und nur an passender Stelle das Abfallrohr unterzubringen ist.[1])

Auf die Sparrenlage wird eine gespundete 3 cm starke Schalung von 15—20 cm breiten Brettern genagelt, deren Oberfläche eine Ebene ohne vorstehende Kanten und Unebenheiten bilden muß; die Nägel müssen recht fest und tief eingetrieben werden, damit sie nirgends über die Bretter hervorragen.

Über die Frage, ob auf die Schalung eine feine Sandschicht oder Dachpappe als isolierende Zwischenlage aufzubringen ist, sind die Ansichten verschieden. Während man in Schlesien die Sandschicht für zweckmäßiger hält, weil bei Verwendung von Pappe die Unebenheiten der Überdeckungen eine glatte Lagerung der Papierschichten verhindern sollen, wird von anderer Seite, so z. B. in Süddeutschland allgemein, ein Vorzug der Pappe darin gesehen, daß schnell eine vorläufige Bedeckung gewonnen wird, um die für die Holzcementdeckung notwendige günstige Witterung abwarten zu können. Um ein Ankleben der Pappe an der Schalung zu verhüten, unterlegt man in neuester Zeit mit Vorteil eine trockene Holzcementpapierlage, wobei sich die einzelnen von der Traufe nach dem First laufenden Rollen 15 cm überdecken; diese trockene Papierlage giebt zugleich die Möglichkeit,

---

1) Nach Hoppe & Röhming, Das doppellagige Asphaltpappdach, Halle a. S. 1897.

1) Deutsche Bauzeitung 1883, S. 85 u. 297.

etwa durchsickernden Holzcement aufzusaugen und aufzuhalten.

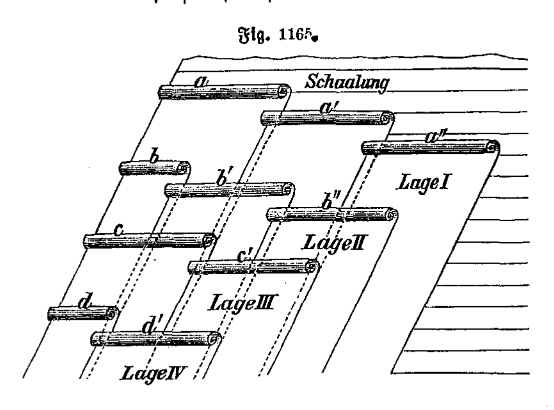
Auf diese auch in der Überdeckung trocken bleibende nicht mit Holzcement bestrichene Papierlage kommt die Asphaltpapplage, aus einzelnen Rollen gebildet, die von der Traufe beginnend und parallel zu dieser abgerollt, 10 cm überdeckt und in Entfernungen von 5 cm genagelt wird. Es empfiehlt sich, die Überdeckungen der Pappe durch heißen Holzcement zu verkleben.

Über diese Papplage wird, an einem Giebel beginnend, nunmehr die erste Lage des 1—$1^2/_3$ m breiten Dachpapiers längs der Traufkante, eine Rolle neben der anderen, aufgerollt, und zwar mit gegenseitiger 15 cm breiter Überdeckung, welche, mit Holzcement bestrichen und verklebt, die parallelen Bahnen zu einer einzigen großen, das ganze Dach überziehenden Lage vereinigt. Man beginnt jedoch diese erste völlige Überdeckung mit einem Papierstreif gleich $^3/_4$ der Rollenbreite.

Zur Verhütung des Verschiebens durch den Wind werden die Bahnenenden nacheinander an den Traufkanten mit Nägeln leicht geheftet. Bei der zweiten Papierlage beginnt man des Verbandes wegen mit einer Rolle von halber Papierbreite, und zwar streicht ein Arbeiter den flüssigen Holzcement in dieser Breite mittels einer langhaarigen weichen Bürste gleichmäßig und stets vor der Rolle her auf die fertige erste Papierlage, während ein zweiter unmittelbar den Bogen darauf rollt, und die Luftblasen und Falten mit der Hand oder einer Bürste wegdrückend, jenem stetig folgt. Die daranstoßende ganze Rolle wird mit 15 cm Überdeckung ebenso befestigt und so fort, bis die ganze erste Lage bedeckt ist. Die dritte Papierüberdeckung wird genau so, jedoch mit einer Lage von $^1/_4$ Rollenbreite beginnend, aufgebracht, so daß alle 3 Lagen auf diese Weise im Verbande zu einander stehen.

Etwa in den Lagen entstandene Risse müssen sofort mit cementierten Papierstreifen überklebt werden.

Fig. 1165.



Anstatt die Bahnen parallel zur Traufe zu verlegen, können solche auch senkrecht zur Traufe, nach der First laufend und im Verband angeordnet, verlegt werden, Fig. 1165; die parallele Anordnung verdient jedoch den Vorzug, da infolge der wagerechten Überbindung das Durchsickern von Holzcement vermieden wird.

Um das Begehen der Lagen während der Arbeit auf das Notwendigste zu beschränken, wobei die Arbeiter kein mit Nägeln beschlagenes Schuhwerk tragen dürfen, ist zu empfehlen, die über der Asphaltpappe liegenden 3 Papierlagen hintereinander so aufzubringen, daß immer nur ein kleiner Teil der ganzen Dachfläche vollkommen fertiggestellt und nicht etwa so eingedeckt wird, daß man immer eine Papierlage durchgängig auflegt.

Nachdem die Dachhaut in dieser Weise hergestellt ist, wird die letzte Papierlage etwas stärker als die vorhergehenden mit heißem Holzcement überstrichen, 15—20 mm stark mit feinem Sand, feinem Steinkohlengrus oder gestoßener Schmiedeschlacke übersiebt und darauf mit einer 5—6 cm dicken Kiesschicht bedeckt. Der feine Sand schützt die Papierlagen gegen Verletzungen beim Betreten des Daches, die Kieslage dagegen den Holzcement gegen Verflüchtigung der öligen Bestandteile, da sonst die Dachdeckung ihre Biegsamkeit verlieren und spröde werden würde. In allen Fällen, in denen das Holzcementdach vielfach begangen wird, ist zu empfehlen, dasselbe mit einem Holzrost zu belegen, wodurch das Begehen erleichtert und die schützende Kiesdecke in ihrer Stärke erhalten wird.

Bei manchen Ausführungen wird die Asphaltpapplage mit einer dünnen Schicht feinen Sandes übersiebt und hierauf erst die Papierlage gebracht, um sie völlig von der Papplage zu isolieren.

Die Ausführung des Cementdaches soll nur bei trockenem warmem Wetter vorgenommen werden; denn bei feuchter und kalter Witterung wird die heiße Holzcementmasse rasch erstarren und somit die Papierlagen nicht durchdringen können. Auch starker Wind ist dem gleichmäßigen Auflegen der Papierlagen hinderlich.

Von großer Wichtigkeit für die Güte der Holzcementdächer sind die Klempnerarbeiten, zu denen starkes Zinkblech oder verzinktes Eisenblech verwendet wird, und die teils zum Einbinden, teils zum Schutze gegen das Herabspülen der Kies- und Sandlage erforderlich werden. Da diese Konstruktionen auch für die doppellagigen Kiespappdächer gelten, so wurden dieselben in § 19 besonders zusammengestellt.

Es ist ohne weiteres klar, daß sich die Holzcementdeckung auch auf massiver Unterlage — Wölbung, Betonierung, Plättchenbelag — ausführen läßt, so daß es möglich ist, in Verbindung mit Eisenkonstruktionen vollständig massive, fäulnis- und feuersichere Dächer herzustellen.

Da die Holzcementdecke vollständig dicht abschließt, muß bei hölzernem Dachwerk für ausreichende

Lüftung des Dachraumes gesorgt werden, anderenfalls das Holzwerk in kurzer Zeit dem Verderben preisgegeben wird.

Wenn Stilrücksichten es erfordern, läßt sich das Holzcementdach auch für Neigungen bis 1:6 ausführen.[1]) Von den beiden Nachteilen, die die größere Neigung mit sich bringt, soll der eine, das Abfließen des durch die Hitze erweichten Holzcements, keine so große Bedeutung haben, wenn das Dach nur in den ersten Jahren durch eine genügend starke Decklage gegen die Einwirkung zu großer Hitze geschützt ist, da später die harzige Masse zu einer glasartigen, aber immer noch undurchlässigen Schicht erstarrt. Dem zweiten Nachteil, nämlich dem Abrutschen der Decklage, kann dadurch begegnet werden, daß man statt Kies einen Rasenbelag ausführt, oder daß man bei einer Kiesdecklage die Dachfläche durch ein aus Riemchensteinen hergestelltes, gegen die untere stark konstruierte Kiesleiste sich stützendes Rautensystem in kleine Abteilungen zerlegt. In den Ecken der Rauten sollen halbe Steine eingelegt und mit Holzcement auf die Dachhaut aufgeklebt werden. Diese Dächer sollen eine gefällige Erscheinung darbieten und sich gut bewährt haben.[2])

§ 18.

Das doppellagige Kiespappdach.[3])

Dieses Dach wird statt aus mehreren dünnen Papierlagen aus zwei Lagen solider Dachpappe mit darauf gebrachter Sand- und Kiesschicht gebildet; seine Herstellung ist ähnlich der des Holzcementdaches, mehr noch der des doppellagigen Pappdaches und kann dabei genau so verfahren werden. Eine andere Art des Verbandes zwischen der ersten und zweiten Lage kann man dadurch erzielen, daß man die Deckung an der Traufkante mit einer Rolle von halber Breite beginnt, über welche dann sogleich die obere Lage in ganzer Rollenbreite aufgebracht wird; jede folgende Rolle wird dann so verlegt, daß ihr unterer Rand die vorher gelegte Bahn noch 10—15 cm über die Mitte hinaus bedeckt. Auch hier ist mit Roll- und Streicharbeit mittels der Klebemasse zur festen Verbindung der übereinander liegenden Papplagen gleichmäßig fortzufahren, wobei nur die oberen Ränder der Bahnen auf die Schalung geheftet werden. Es wird so über der Schalung eine aus zwei Lagen fest miteinander verklebter Dachpappe gebildete Deckhaut erzeugt, deren Dichtigkeit durch ein nochmaliges Überziehen der Nähte mit Klebeasphalt noch besonders gesichert wird.

Nachdem die ganze Dachfläche schließlich mit einem Überzuge von Asphalt und Steinkohlenteer versehen ist, wird sie wie beim Holzcementdache ca. 1 cm hoch mit Sand besiebt und darauf eine Kiesschicht von 5—6 cm Stärke aufgebracht.

Da diese Dächer eine sehr geringe Neigung haben, können kleine Kehlen und Walme bei der Eindeckung, ebenso wie bei dem Holzcementdach, ganz unberücksichtigt bleiben, bei größeren derartigen Dachflächen kann man sie für sich auch derart eindecken, daß sich die Lagen bei allen Gräten gegenseitig überdecken, während in die Kehlen längs derselben erst eine Doppellage gelegt werden muß, welche dann von beiden Seiten in der gewöhnlichen Weise überdeckt wird.

Die Einfassung und Dichtung des Daches an den Traufkanten und Giebeln, sowie bei den Schornsteinen u. s. w. ist dieselbe wie bei dem Holzcementdache, und wir verweisen hierüber auf § 19.

§ 19.

Einige Detailkonstruktionen bei Holzcement- und Asphaltpappdächern.

Von großer Wichtigkeit für das Gelingen der Holzcement- und Pappeindeckungen sind die Klempnerarbeiten, und wir geben in folgendem eine Anzahl diesbezüglicher Konstruktionen, die teilweise der Broschüre[1]) der Herren Hoppe & Röhming, Asphalt- und Holzcementfabrik in Halle a. d. S., entnommen sind, und die sich eng an die bezüglichen preußischen Vorschriften anschließen. Die Konstruktionen sind für Holzcement- und doppellagige Kiespappdächer entworfen und zeigen dementsprechend oberhalb der direkt eingebundenen Zinkteile entweder 3 Lagen Papier oder eine Lage Asphaltpappe und darüber die Dachbeschüttung. Für die doppellagigen Asphaltpappdächer bleibt die Konstruktion der Zinkteile genau dieselbe, nur mit dem Unterschiede, daß infolge Wegfalls der direkt gezeichneten oder punktierten Sand- und Kiesbeschüttung die Höhe der Zinkteile über der Dachfläche entsprechend geringer, im Mittel ca. 8 cm hoch zu machen ist und daß an Stelle der 3 Papierlagen eine weitere Asphaltpapplage tritt. Alle auf der Dachfläche liegenden Zinkflanschen werden in einer Breite von ca. 15 cm innerhalb der beiden Asphaltpapplagen angeordnet.

Zunächst der Traufe bedürfen diese Dächer eines Schutzes gegen das Herabspülen der Kies- und Sandlage bei starken Regengüssen, der früher mit einer Holzleiste

1) Deutsche Bauzeitung 1891, S. 22.

2) Über eine besondere Deckart siehe Deutsche Bauzeitung 1885, S. 301.

3) Nach Büsscher & Hoffmann, Die wasserdichten Baumaterialien 1892; siehe auch Deutsche Bauzeitung 1885, S. 192 u. 619.

1) Das doppellagige Asphaltpappdach von Hoppe & Röhming, Halle a. d. Saale 1897.

von etwa 10 cm Höhe geschaffen wurde, die man mit an der Schalung oder den Sparren befestigten Winkeleisen an der Traufkante anbrachte. Diese Holzleisten, in entsprechender Weise verwahrt, waren mit Löchern versehen, um dem Wasser Durchgang zu verschaffen und zu ihrer Konservierung mit Karbolineum oder Teer angestrichen. Jetzt werden diese Kiesschutzleisten mit oder ohne Verbindung mit der Rinne nur noch aus Zink oder verzinktem Eisenblech hergestellt, Fig. 1166.

Fig. 1166.

Fig. 1167.

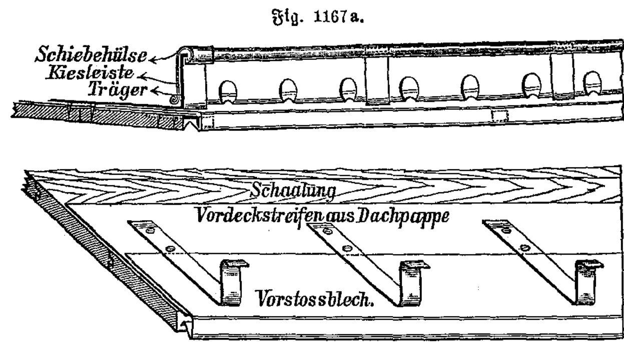
Zunächst werden an den Gesimsrändern, Fig. 1166, die Kanaleisen in die untersten Dielen eingelassen und auf den Sparrenköpfen mit Nägeln befestigt. Bevor der Dachkanal in die eisernen zweimal mit Ölfarbe angestrichenen Träger eingelegt wird, ist der aus Eisen- oder Zinkblech bestehende 15 cm breite Streifen, „Vorstoß", ab auf der Schalung zu befestigen. Uber diesen Vorstoß greift die Zinkeindeckung von ca. 0,40 m Breite, welche bei c in Laschen eingehängt ist und bei a an den Metallstreifen ab gegen das Heben durch den Wind Schutz findet. Auf der Metalleindeckung ac sitzen die Träger, an welchen das Fußblech fg befestigt ist, das dem Deckmaterial als Widerlager dient, zum Durchlaß des Regenwassers durchlöchert ist und von der Blecheindeckung etwas absteht.[1])

Büßscher & Hoffmann in Eberswalde konstruieren die Kiesschutzleisten nach Fig. 1167 u. 1167a derart, daß das Schutzblech über die Haften eingestreift, mit diesen also nicht fest verbunden wird; die Fugen der aneinander geschobenen Teile werden durch Schiebehülsen gedeckt. In dieser Weise läßt die Konstruktion alle Temperaturbewegungen des Bleches zu, ohne in sich gelockert zu werden, während bei der vorher beschriebenen Konstruktion der Übelstand besteht, daß Kiesleiste und Vorstoßblech durch die gegenseitige Verlötung den Temperaturschwankungen nicht frei folgen können.

Einer besonderen Zinktraufe, wie das doppellagige Kiespappdach und Holzcementdach bedarf das doppellagige Asphaltpappdach nicht, und nur in den Fällen, wo eine dichte Verbindung der Rinnenanlagen mit der Dachhaut gefordert wird, ist ein Zinkstreifen einzuschalten, der mit der Rinne zu verfalzen ist.

Freie Giebelendigungen werden am besten nach den in Fig. 1168 angegebenen Konstruktionen, die näherer Erläuterungen nicht bedürfen, eingebunden.

Fig. 1167a.



Aus dem Dache tretende Schornsteine werden nach Fig. 1169 u. 1170 mit Kehlblechen eingefaßt, deren oberer Abschluß mit Zinkkappen, sogenannten Krempelleisten, erfolgt, die mit einem Schenkel 2—3 cm tief in eine Mauerfuge einzulassen, in ca. 30 cm Entfernung mit Mauerhaken zu befestigen und in der Fuge sorgfältig mit Cementmörtel

1) Siehe auch Centralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 302.

zu dichten sind. Die dem Wasserlauf entgegenstehende Schornsteinwange erhält zur Abweisung des Wassers einen Walm, der ebenfalls mit Zink zu verkleiden ist. Fig. 1170 leistenkranzes gefordert, wie solche der Grundriß, Fig. 1169, zeigt. Dann fallen die Hakenbefestigungen weg, und vier diagonal über die Schornsteinecken greifende und ein inmitten rechtwinklig eingelegter Zinkstreifen halten den Leistenkranz und den unteren Zinkblechkasten zusammen; der Schornstein kann dann zunächst nur bis zur

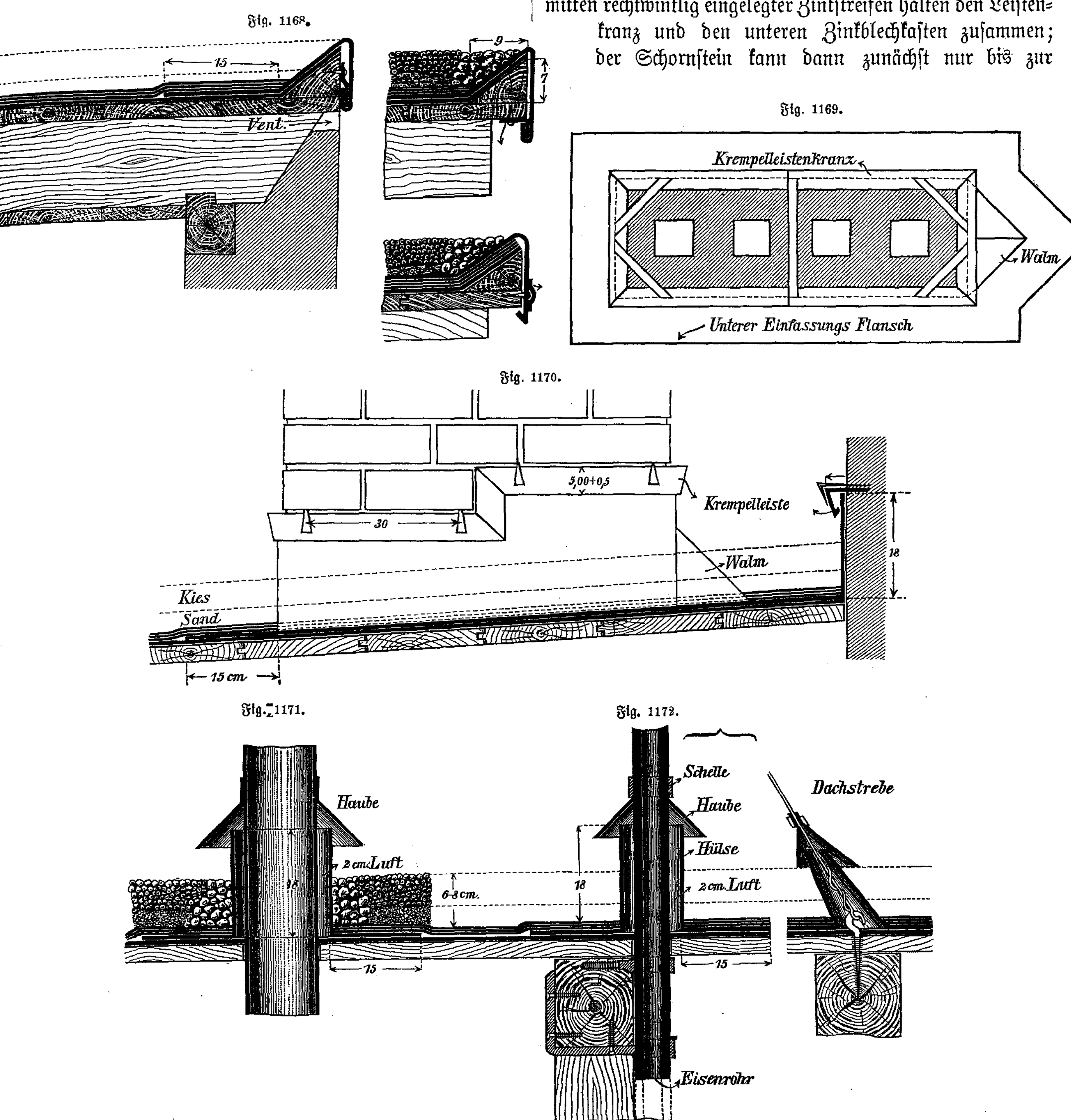


Fig. 1168. Fig. 1169. Fig. 1170. Fig. 1171. Fig. 1172.

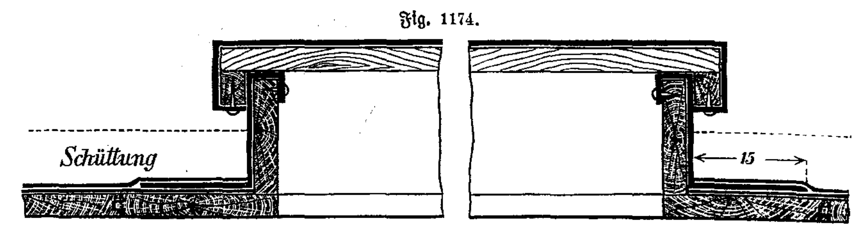
zeigt rechtsseitig zugleich die Einfassung von Brand-, Brüstungs- und sonstigen das Dach überragenden Mauern. Zuweilen wird eine doppelte Lötung der Zinkblechteile und dann bei Schornsteinen eine Befestigung des Krempel- Höhe der Krempelleisten aufgemauert und nach Überstülpen des Zinkkastens und Leistenkranzes höher geführt werden.

Dunstrohre, Gitterstäbe, Telephon- und Blitzableiter-Gestänge, Fahnenstangen u. dergl., sowie deren Verstre-

bungen mit dem Dache, die fortwährenden Bewegungen durch den Wind unterliegen, dichtet man am besten mit Zinkblech nach den in Fig. 1171—1173 angegebenen Konstruktionen. Eine besondere Zinkhülse mit etwa 15 cm breitem Dachflansch umgiebt den betreffenden Körper in 2—3 cm Abstand und wird durch eine unmittelbar darüber an dem beweglichen Körper selbst befestigte breitere Zinkhaube überdeckt. Die Bewegungen der Stangen u. s. w. bleiben dadurch ohne Einwirkung auf die Dichtigkeit der Einbindung.

Rohre sind in Zink, Blei, Kupfer oder Gußeisen mit trichterförmigem Oberstück herzustellen, in dem auf kleinen Stützen ein abnehmbarer mit Aushebering versehener Haubenrost ruht, der ein Verstopfen des Rohres verhütet.

Fig. 1174.



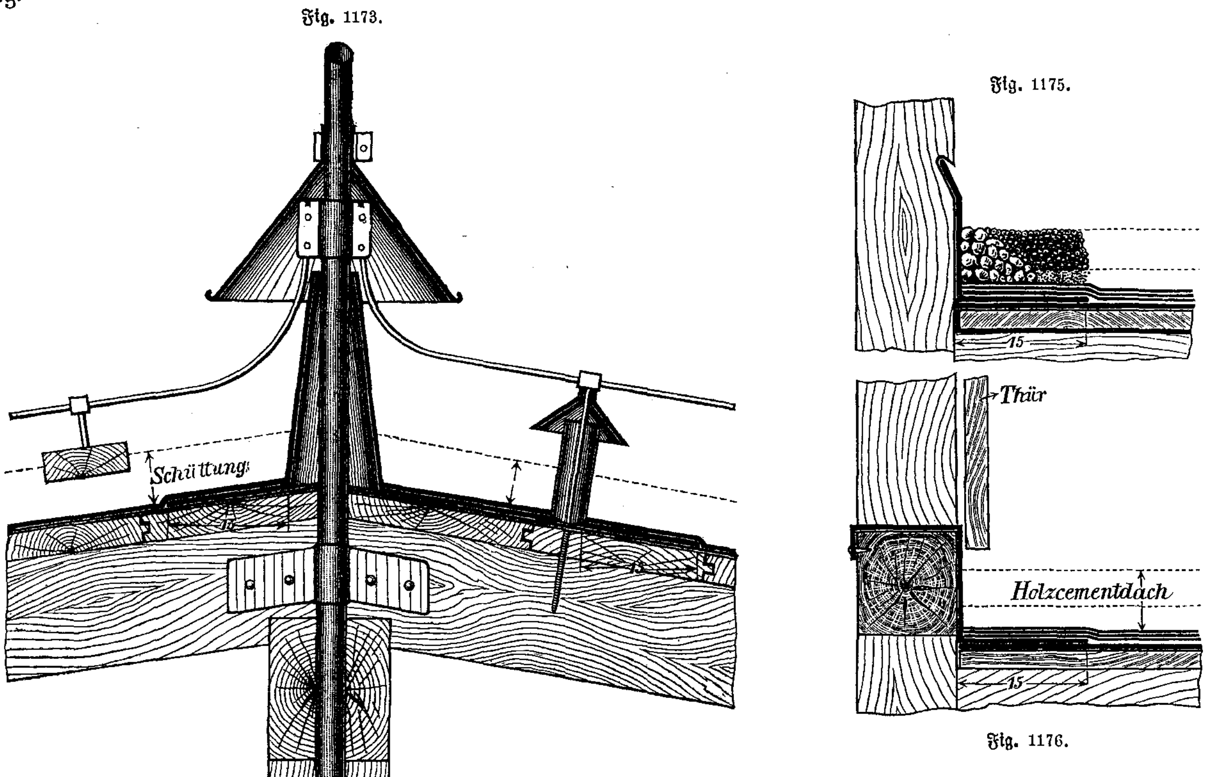


Fig. 1173.

Fig. 1175.

Fig. 1176.

In Fig. 1174 ist die Zinkeinfassung einer Dachausteigluke, in Fig. 1175 die Zinkdichtung bei Fachwerksstielen und in Fig. 1176 die Einbindung von Thürschwellen dargestellt, soweit solche für die Dachdichtung in Frage kommen.

Dächer, welche ringsherum von Brüstungsmauern oder Ballustraden eingefaßt sind, lassen sich nach Fig. 1177 auch innerhalb der Dacheinfassungen ohne die meist kostspielige und oft unzuverlässige Rinnenanlage entwässern,[1] wenn man das Wasser an den Traufseiten in den durch einen Walm gebildeten Einkehlen, auch Schoßrinnen genannt, abführt, die in zwei oder mehr nach außen leitenden Rohren besonderer Form entwässern. Diese gewundenen

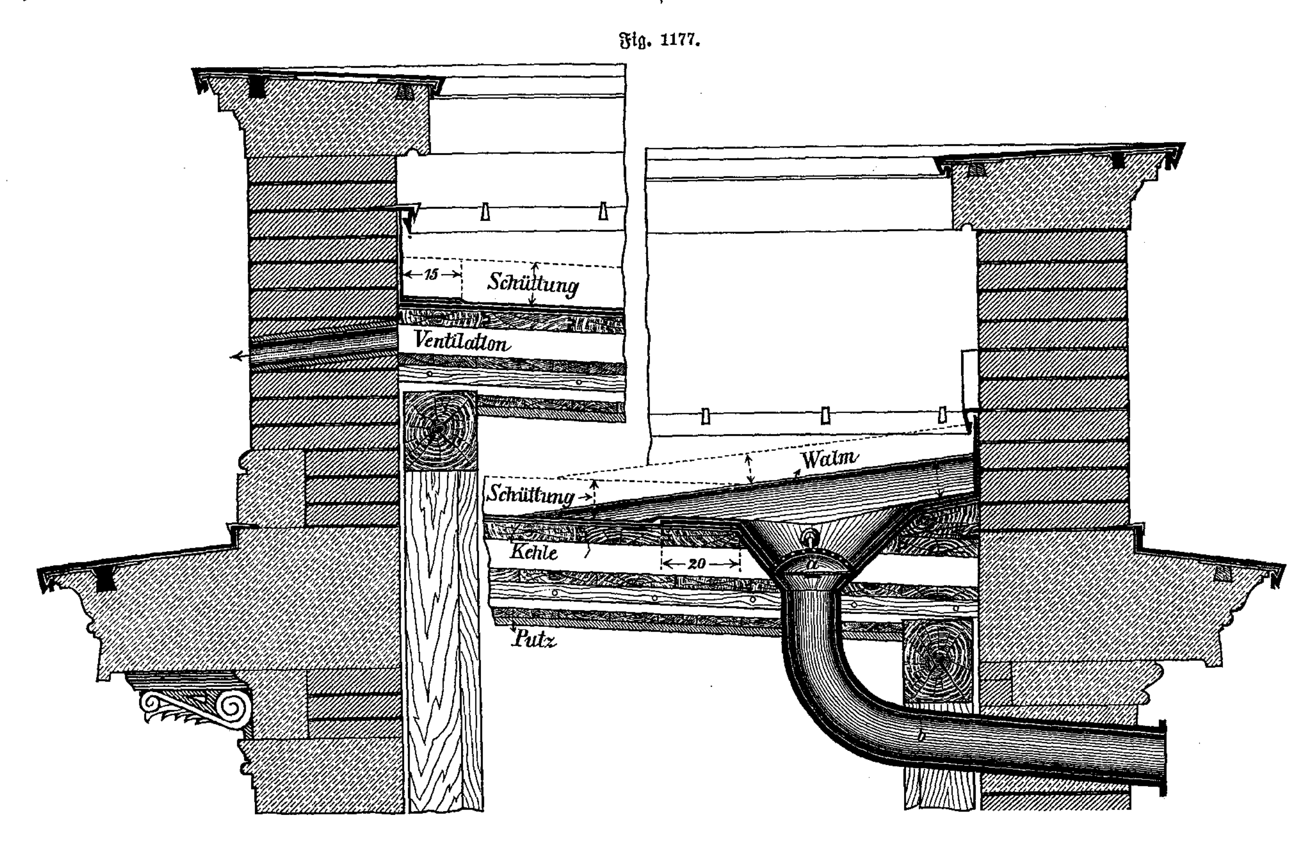
Kann die Wasserableitung im Innern des Hauses erfolgen, wie z. B. bei Fabrikbauten, so können die Dachflächen trichterförmig angeordnet werden; Fig. 1178 zeigt eine solche Anordnung auf massiver Deckenbildung — Betonkappen zwischen I-Trägern mit einer isolierenden Zwischenlage von Korkplatten — wie solche von Hoppe & Röhming für Spinnereibauten ausgeführt wurden.

Bei diesen Konstruktionen sind die Klempnerarbeiten geringer und deshalb weit billiger, als bei den hinter den Attiken angelegten und zu vielen Mißlichkeiten führenden Rinnen. Ist eine solche jedoch nicht zu vermeiden, so empfiehlt sich noch am meisten die Ausführung der in Fig. 1179 gezeichneten Knoblauchschen Rinne, die allerdings ziemlich teuer ist, aber wenigstens ein Verstopfen durch Schnee und Eis verhütet und jederzeit kontrollierbar ist.

1) Siehe auch Deutsche Bauzeitung 1883, S. 85 u. 297.

In Fig. 1180 geben wir noch eine in Eisen konstruierte Sheddachanlage, bei der die mit Zinkblech ausgelegte Rinne nach beiden Seiten hin entwässert. Die Figur zeigt die wo dessen Anwendung auf die Dauer Nachteile herbeiführt oder zu kostspielig ist. So ist die Herstellung von Asphaltpapprinnen an Stelle von Zinkrinnen ratsam und

Fig. 1177.



Verbindung des Zinkblechs mit den 2 Asphaltpapplagen, die Dichtungsweise an den Fensteranschlüssen und den vorteilhaft in Fällen, wo Rinnen oder Kehlen außergewöhnlich groß sind, wie z. B. bei den vielfach angewendeten

Fig. 1178.

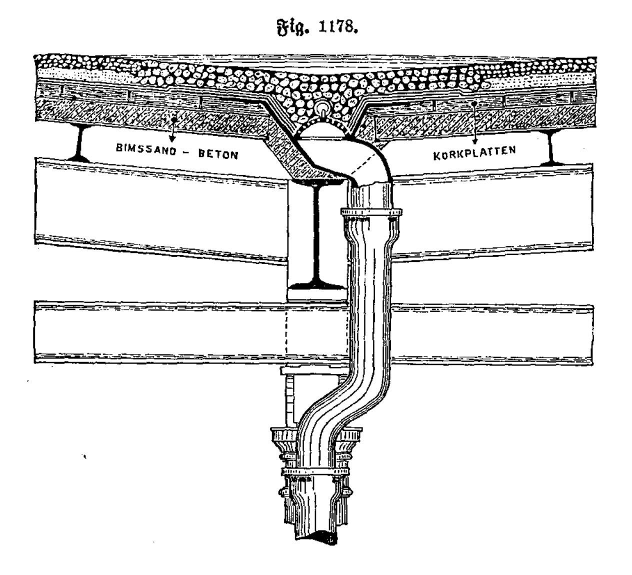
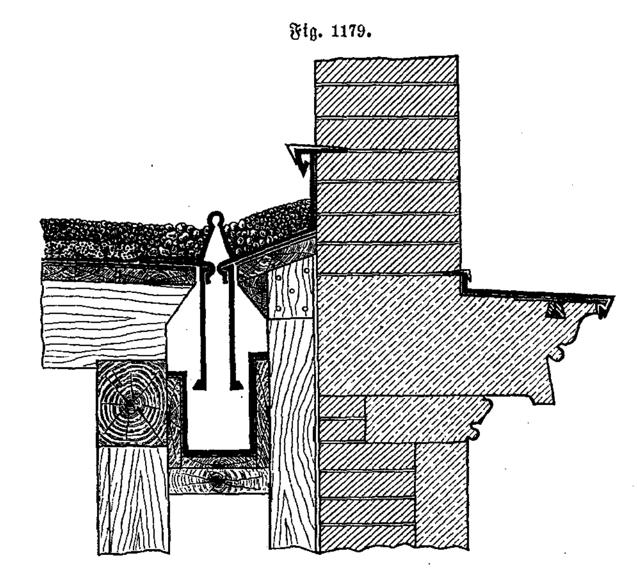


Fig. 1179.



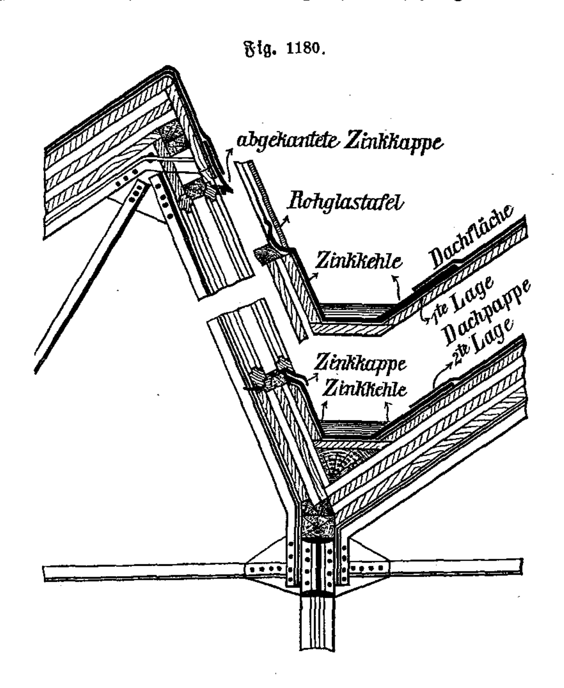
Zinkanschluß für den Fall, daß Rohglastafeln die Lichtzuführung vermitteln.

Wenn im allgemeinen für derartige „Einbindungen" Zink den Vorzug verdient, so giebt es doch auch Fälle, Sheddächern oder da, wo sich die Dächer mit ihrer Traufe an höher geführte Gebäude u. dergl. anlehnen.

Die in Fig. 1181 dargestellte Rinnenkonstruktion bedingt die Anordnung zweier möglichst hohen Fußrähme

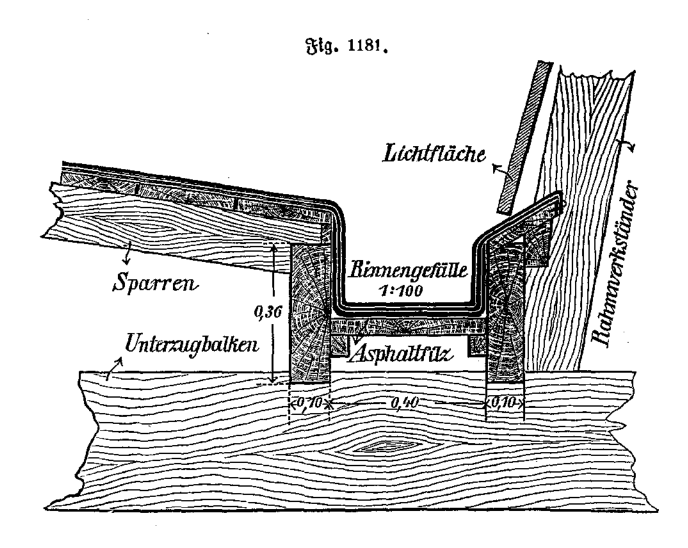
in ca. 40—45 cm Entfernung auf dem Unterzugsbalken zur Gewinnung eines reichlichen leicht begehbaren und bequem zu reinigenden Rinnenprofils mit genügendem beiderseitigen Gefälle; die rechtsseitige Profilschräge der für ein

Fig. 1180.



Sehddach gezeichneten Anordnung führt zugleich das Kondensationswasser der Lichtfläche in einfacher Weise unmittelbar in die Dachrinne und macht die üblichen inneren Schweißwasserrinnen überflüssig.

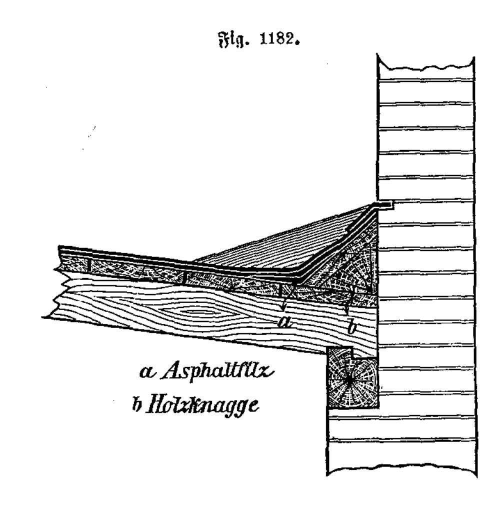
Fig. 1181.



Die in Fig. 1182 dargestellte Konstruktion einer an aufgehendes Mauerwerk sich anlehnenden Kehlenrinne erklärt sich ohne weiteres.

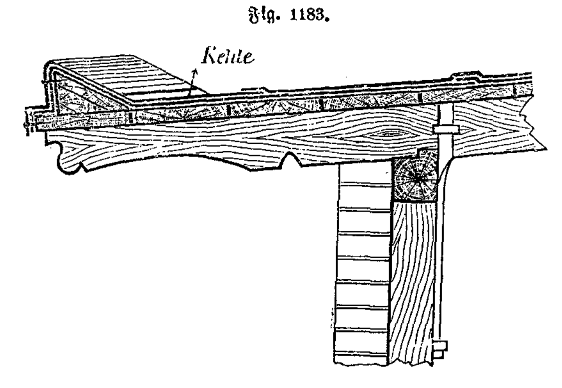
Für Gebäude untergeordneten Ranges, wie provisorische Anlagen, Schuppen u. s. w. werden als Traufrinnen sogenannte Kehlenrinnen aus doppellagiger Asphaltpappe wegen ihrer leichten Anordnung und Billigkeit empfohlen, und haben sich diese Rinnen vielfach bewährt. Fig. 1183 giebt eine solche Konstruktion, wobei die Kehlenrinne zunächst der Traufe durch eine gering anlaufende Schalbrettkehle, von ca. 3 cm starken aufgenagelten Brettknaggen

Fig. 1182.



gestützt, gebildet und nach dem Abfallrohr hin entwässert wird. Wird eine solche Kehlenrinne durch ein dekorativ

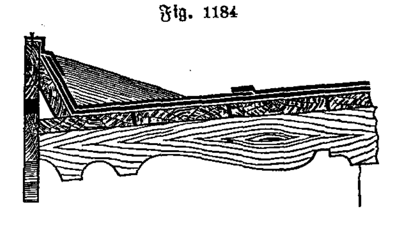
Fig. 1183.



behandeltes Stirnbrett verdeckt, so ist diese Konstruktion auch für bessere Gebäude anwendbar, Fig. 1184.

Bezüglich der Anordnung von Dachoberlichtern gelten im allgemeinen dieselben Regeln wie bei den anderen Bedachungsarten. Bei Holzcement- und Pappdächern empfiehlt

Fig. 1184



sich die Anlage eines aufhöhenden Rahmen- oder Zargenholzes mit reichlicher Lichtflächenneigung und Zinkeinfassung der Zarge. Fig. 1185 zeigt eine derartige Oberlichtanlage, bei der die Rohglasscheibe durch zwei seitliche und je einen

oberen und einen unteren eisernen Hafter mit dem Rahmen verbunden und die Dichtung zwischen Scheibe und Rahmen durch eingelegte Filzstreifen erreicht wird. Der Holzrahmen, sowie der obere seitlich entwässernde Dachkeil sind ringsum ganz mit Zink eingebunden, das in dem auf dem Dache liegenden, 15 cm breiten Flansch von der Asphaltpappe unter- und überdeckt wird. Soll das Kondensationswasser durch eine kleine innere Rinne abgeführt werden, so ist diese leicht durch eine halbrunde Umkantung der Zargeneinfassung herzustellen. Ein kleiner durch das untere Rahmholz führender Zinkstutzen ergießt das Rinnenwasser auf die Dachfläche.

Bei Anbringen der Zinkeinbindungen ist die größte Vorsicht geboten und besonders Sorge dafür zu tragen, daß das Zinkblech sich frei bewegen kann. Wenn die Zinkaufkantungen mit den wagerechten Lappen auf die Schalung aufgenagelt werden, so genügt eine geringe Senkung des Daches, um Risse an den Lötstellen, Brüche an den Biegungen des Zinks und Loslösen des Zinks von den Papierlagen herbeizuführen. Auch ist schon beobachtet worden, daß die auf die wagerechten Lappen der Zinkaufkantungen aufgeklebten Papierlagen manchmal nicht ganz dicht schließen, so daß das Wasser zwischen Zink und Papier eindringen kann. Als ein zweckmäßiges Mittel, diesem Übelstande abzuhelfen, erscheint das neuerdings empfohlene Verfahren, die Zinklappen nicht einzukleben, sondern sie mit genügendem Überstand frei über die Papierlagen fortreichen zu lassen und sie nur sorgfältig in der Mauer zu befestigen, Fig. 1186.[1] In derselben Art kann die Einbindung an Giebelendigungen, Schornsteinen u. dergl. erfolgen.

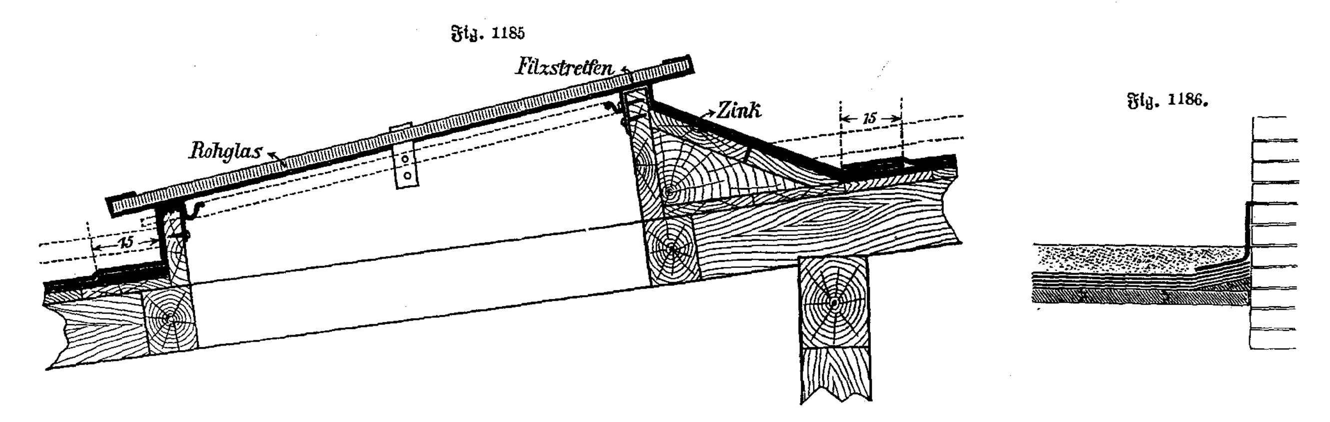


Fig. 1185

Fig. 1186.

[1] Centralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 235.

Siebentes Kapitel.

Konstruktion der Fußboden.

§ 1.

Allgemeines.

Die Fußboden, soweit sie in diesem Kapitel zu besprechen sind, bestehen entweder aus Steinen oder steinartigem Material, oder aus Gußmasse, „Estrich“ genannt, welche anfangs weich und bildsam ist, später hart und fest wird.

Die natürlichen Steine werden je nach ihrer Größe und Form als Pflastersteine oder Platten verwendet, oder sie bilden in kleinen Stücken den Hauptbestandteil einer Gußmasse, „Beton“, oder diese kleinen Stücke werden zu Mosaikboden zusammengesetzt.

Die gebrannten Steine werden in verschiedener Form und Größe, sowie in mannigfacher Behandlung der Oberfläche zum Bodenbelag benützt, und zwar als Backsteine oder als dünne Plättchen, „Fliesen“.

Zur Estrichbildung werden Lehm, Kalkmörtel, Gips, Asphalt und Cement als Hauptmaterial verwendet, wonach man Lehmestrich, Kalkmörtelestrich, Gipsestrich u. s. w. erhält. Im allgemeinen sollen die Fußboden wagerechte oder nach bestimmten Gesetzen geneigte Flächen bilden und verlangen daher feste, nicht nachgebende Unterlagen. Die Ansprüche an Festigkeit, die man an dieselben macht, sind verschieden, ebenso die in Bezug auf Eleganz oder gutes Aussehen. Dazu kommt dann oft noch ein größerer oder geringerer Grad von Wasserdichtigkeit, während Feuersicherheit bei allen hier zu besprechenden Fußboden in ziemlich hohem Grade vorausgesetzt werden darf.

Bei Beschreibung der Konstruktion der Fußboden aus den verschiedenen Materialien wird teils die erstere, teils werden die letzteren einen Maßstab an die Hand geben, nach welchem sich die verschiedenen Eigenschaften der Fußboden beurteilen lassen, so daß, wenn gewisse solche Eigenschaften durch andere Umstände gegeben sind, sich eine Wahl der anzuwendenden Konstruktion oder des Materials treffen läßt.

A. Boden aus natürlichen Steinen.

§ 2.

Pflaster.

Pflaster aus natürlichen Steinen findet Anwendung bei Herstellung von Straßen, Einfahrten, zu Fußboden von Stallungen, Remisen, Kellerräumen u. s. w., sowie um das Gebäude herum zum Schutze desselben gegen Regen- und Schneewasser.

Von der Beschaffenheit des Materials und einer richtigen Behandlung des Pflasters hängt seine Güte und Dauerhaftigkeit ab. Was das Material betrifft, so sind Härte ohne zu große Sprödigkeit und leichte Bearbeitung zu regelmäßigen Körpern Haupterfordernisse. Außer Basalt, dem vielleicht besten und dauerhaftesten aller Pflastersteine, dem Granit, Gneis und einigen dahin gehörigen Steinsorten, sind es hauptsächlich Sand- und Kalksteine, welche als Pflastersteine verarbeitet werden. Bezüglich der Behandlung des Pflasters hat man den Grundsatz anzuerkennen, daß ein Pflasterstein einen von oben empfangenen Druck auf keine größere Fläche des Grundes verteilen kann, als seine eigene Grundfläche enthält. Hieraus folgt, daß für große Lasten die Steine möglichst groß, bei ein und demselben Grunde aber auch alle gleich groß sein, und daß sie Parallelepipeda bilden müssen und keine abgestumpften Pyramiden sein dürfen, wie es so häufig der Fall ist.

Nächst der gleichen Größe der Pflastersteine ist die Befestigung des Grundes eine Hauptsache, und in dieser

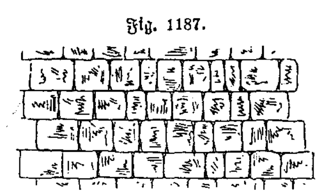
Beziehung wird noch öfter gefehlt als in der Bearbeitung der Steine. Wo man reinen, scharfen und grobkörnigen Sand haben kann und der Grund nicht etwa moorig ist oder aus Schlamm besteht, wird eine gehörig komprimierte Sandschüttung von 27—36 cm Stärke schon sehr großen Lasten widerstehen; wo man aber dieses Material nicht in entsprechender Güte oder Menge hat, muß man eine andere Art der Befestigung anwenden. Das gewöhnlichste ist eine sogenannte Steinbahn, wie sie bei den Chausseen üblich ist; nur braucht sie nicht so stark und nicht von so wetterbeständigen Materialien hergestellt zu werden, weil sie in dem Pflaster eine Decke bekommt, die in dieser Beziehung Schutz gewährt.

Hat man Steinplatten zur Verfügung, die weder von besonderer Härte noch von regelmäßiger Gestalt zu sein brauchen, so kann man mit diesen ebenfalls einen vortrefflichen Grund für das Pflaster herstellen. Diese Platten, in einer Stärke von 9—12 cm, werden dicht aneinander in eine dünne Sandschicht gelegt, die wegen der unregelmäßigen Begrenzung derselben entstandenen Fugen und leeren Räume durch passende Steinsplitter u. s. w. ausgezwickt, dann eine Schicht Sand von 9—12 cm aufgebracht und hierauf das Pflaster gesetzt. Die Sandschicht ist notwendig, weil, wenn die die Pflastersteine treffenden Stöße von diesen unmittelbar auf die Plattenunterlage übertragen würden, ein Zertrümmern der letzteren die Folge sein würde.

In neuerer Zeit wird der Untergrund des Pflasters in stark frequentierten Straßen großer Städte durch eine starke Betonschicht hergestellt, die oben bogenförmig, genau dem Querprofil der Straße folgend, abgeglichen, auf die die gleich hohen Steine aufgestellt und die zwischen denselben verbleibenden Fugen mit Cementmörtel oder Asphalt ausgegossen werden.

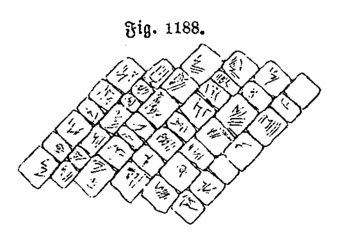
Da Pflaster in Einfahrten, Stallungen u. s. w. keiner so starken Belastung ausgesetzt ist wie das Straßenpflaster, so braucht es auch nicht so stark angelegt zu werden, und eine 9—15 cm hohe Sandunterlage bei 12—15 cm hohen Pflastersteinen wird ausreichen. Es kommt mehr auf eine glatte, ebene Beschaffenheit der Köpfe der Steine an, um den Fußboden selbst möglichst eben zu bekommen, sowie den Wasserabfluß und überhaupt die Reinigung leicht bewirken zu können. Obwohl gleich große Steine auch hier erwünscht sind, so ist es doch hauptsächlich eine gleiche Höhe, worauf man zu sehen hat. Sind die Steine bearbeitete Parallelepipeden oder haben sie wenigstens zwei parallele und ebene Seiten, so kann man sogenanntes Reihenpflaster herstellen, wobei die Steine nach ihrer Breite sortiert, in Reihen, entweder parallel zu den Seiten des zu pflasternden Raumes, oder unter einem Winkel gegen dieselben gesetzt werden, wobei dann die Stoßfugen in den Reihen Verband halten müssen, wie Fig. 1187 u. 1188 zeigen. Hat man indessen ganz rohe, unbearbeitete Steine, sogenannte Wacken, so thut man am besten, von regelmäßigem Verbande abzusehen und die Steine nach ihrer Form dicht aneinander zu setzen. Man

Fig. 1187.



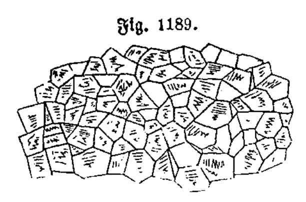
nennt ein solches Pflaster, wie es in Fig. 1189 dargestellt ist, ein Mosaikpflaster. Hat man verschieden

Fig. 1188.



gefärbte Steine, so läßt sich durch eine geschickte Verteilung derselben das Pflaster in musivischen Mustern ausführen.

Fig. 1189.



Auf das geebnete Sandbett werden die Steine mit möglichst engen Fugen gesetzt und diese mit Sand ausgefüllt.

Obgleich hierbei jeder einzelne Stein schon mit dem Hammer eingetrieben wird, so erhält ein Pflaster doch seinen festen Schluß und die richtige Gestalt in der Oberfläche erst durch das Abrammen. Des Rammens wegen dürfen die Steine nicht gleich beim Setzen mit ihrem Kopfe in die Ebene gebracht werden, in welcher das fertige Pflaster liegen soll, sondern sie müssen 3—5 cm höher gesetzt, und diese höhere Lage muß durch das Rammen bis in die richtige Lage gebracht werden; aber nicht auf einmal, sondern durch ein-, zwei- bis dreimaliges Rammen. Hierbei muß jeder einzelne Stein gerammt werden, und die Rammen müssen daher eine solche Gestalt haben, daß man mit ihnen jeden einzelnen Stein treffen kann. Ein Gewicht von 13 kg scheint das angemessenste zu sein. Das Rammen darf nur geschehen, wenn das Pflaster feucht ist, ebenso muß das erste Abrammen geschehen, bevor irgend ein anderes Material, Sand oder

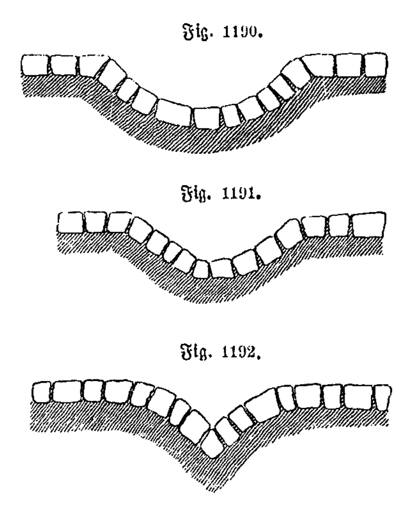
Kies, aufgebracht wird, damit die Steine recht nahe aneinander schließen. Erst bei dem zweiten und dritten Rammen bringt man Kies, am besten künstlichen, d. h. gesiebte Steinsplitter, auf das Pflaster, und nach der Beendigung des Rammens wird eine Lage scharfen reinen Sandes oder feinen Kieses aufgebracht, der zunächst nicht entfernt werden darf, damit er sich durch den Gebrauch in die Fugen setzt und diese füllt.

Dem Pflaster ist ein Gefäll für den Wasserabfluß zu geben, dessen Größe sich nach der größeren oder geringeren Rauhigkeit der Oberfläche des Pflasters richtet. Im allgemeinen wird ein Gefäll von $^1/_4$ Proz. hinreichen. In der Regel sind zur Abführung des Wassers nach einem geeigneten Punkte Rinnen nötig, und wenn diese nicht aus besonderen Hausteinen gefertigt werden sollen, so müssen sie ebenfalls gepflastert werden. Gewöhnlich geschieht dies nach einer runden oder eckigen Form, wie in Fig. 1190 u. 1191; aber es ist weit besser, das Profil aus zwei sich schneidenden Kreisbogen nach Fig. 1192 zu bilden,

Fig. 1190.

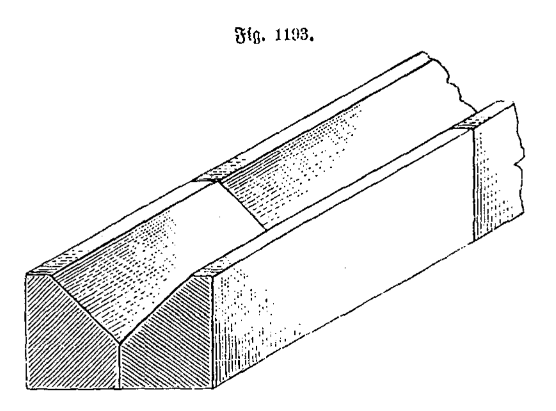
Fig. 1191.

Fig. 1192.



weil in einem solchen Profile das Wasser verhältnismäßig immer am höchsten steht und daher am schnellsten abfließt.

Fig. 1193.



Zur Herstellung eines guten Fugenschlusses empfiehlt es sich, die Rinnensteine satt in hydraulischem Mörtel zu vermauern, und sich nicht mit der Fugenfüllung mit Sand zu begnügen.

Die Größe des Querschnitts richtet sich nach der Menge des aufzunehmenden Wassers und kann daher im allgemeinen nicht angegeben werden. Das Gefäll kann im Minimum $^1/_4$ Proz. betragen, wenn die Steine glatte Köpfe haben.

Besser werden die Rinnen durch Zusammensetzung von Rinnsteinen aus Sandstein nach Fig. 1193 gebildet, in denen das Wasser leichter abfließt als in gepflasterten Rinnen.

§ 3.

Plattenbelag.

Wo Steinplatten zu haben sind, finden solche Verwendung zur Fußbodenbildung in Gängen, Vorplätzen, Küchen, Waschküchen, Abtritten, Kellern, Dunggruben u. s. f. Von geschichteten oder schieferigen Steinarten lassen sich die Platten am leichtesten und oft ohne viel Bearbeitung gewinnen. Dahin gehören insbesondere der Sandstein, der Thonschiefer und der Kalkstein, und zwar vom gewöhnlichen Kalkstein bis zum Lithographiestein, und die feinsten Marmorgattungen. Je bestimmter die Schichtung des Gesteins ausgesprochen ist, desto mehr sind die Platten, im Freien verwendet, der Zerstörung ausgesetzt, indem sie sich durch den Frost, ja selbst durch die Sonne, wenn sie bruchfeucht derselben ausgesetzt werden, in viele Lamellen oder Plättchen zerlegen. Solche Platten können zwar im Innern und in trockenen Räumen noch gute Dienste leisten, während man z. B. für Trottoirplatten am besten sogenannte „Felsenplatten“ zu erhalten sucht, worunter man Platten versteht, welche mit Schrotkeilen vom Felsen abgelöst werden.

Der Grad der Bearbeitung der Plattenoberfläche hängt von dem Grade der Ebenheit und Sauberkeit ab, welchen man dem Steinboden geben will, in welcher Hinsicht die Platten geflächt, charriert, geschliffen oder poliert sein können. Man legt die Platten immer in ein Mörtelbett und gießt die Fugen mit dünnflüssigem Mörtel aus. Dünne kleine Platten werden in Cementmörtel gelegt, welcher rascher erhärtet, wodurch der Boden früher begangen werden kann. Für eine feste Unterlage muß selbstredend gesorgt werden, wenn die Platten sich nicht ungleich senken sollen, weshalb der Untergrund gestampft werden muß, oder, wo dies nicht thunlich sein sollte, sind die Platten auf eine Unterlage von Backsteinen oder Beton von 12—15 cm Dicke aufzulegen, oder es sind leichte Fundamentmauern oder Gewölbebogen anzuordnen, auf welchen die Enden der Platten gestoßen und unterstützt werden können. Kommen Steinplatten auf eine

Holzunterlage zu liegen, wie bei Zwischendecken von Gebäuden, so ist eine Unterlage von Sand oder Lehm anzuempfehlen, wodurch die Platten ein sicheres (sattes) Auflager erhalten. Um die Stoßfugen möglichst undurchdringlich, sowohl gegen Feuchtigkeit als auch gegen Feuer, zu machen, pflegt man die Platten zu falzen oder besser

Fig. 1194. Fig. 1195.



zu spunden, wie dies die Fig. 1194 u. 1195 im Durchschnitt zeigen.

Die gewöhnlich vorkommenden Verbände sind in den Fig. 1196—1198 dargestellt. Fig. 1196 zeigt den gewöhnlichen Plattenbelag, wobei am wenigsten Material verloren geht, indem nur nach einer Richtung durchlaufende Fugen, jedoch von verschiedener Entfernung, oder Schichten von ungleicher Breite angenommen sind, während die Platten innerhalb dieser Schichten wieder verschiedene Größe haben können und man nur auf Fugenwechsel Rücksicht nimmt.

Fig. 1196.

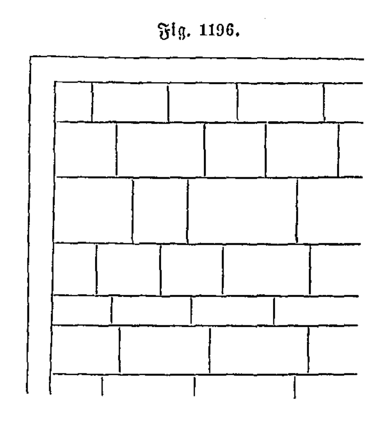


Fig. 1197.

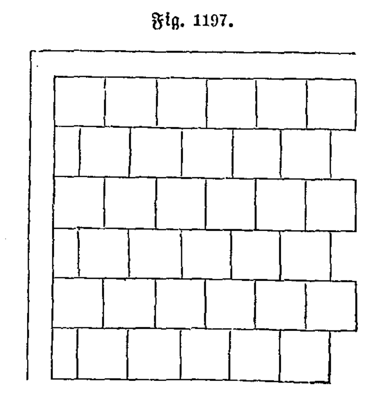
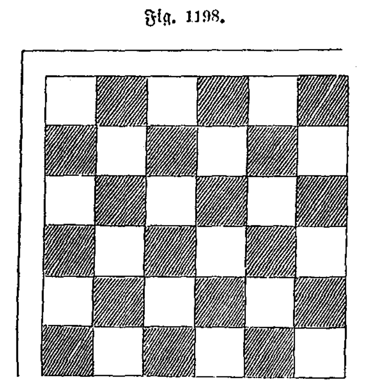


Fig. 1197 erklärt einen Belag mit Schichten und Platten von gleicher Größe, wobei die Platten rechteckig oder quadratisch sein können, während Fig. 1198 einen ähnlichen Boden mit verschiedenfarbigen Platten darstellt. Letzterer wird fast immer mit einem einfassenden Fries von 15 bis 18 cm Breite gelegt, während die beiden ersteren denselben meistenteils entbehren.

Bei der reichen Auswahl, die vom gewöhnlichen Sand- und Kalkstein bis zum feinsten Thonschiefer, Marmor, Granit und Porphyr zur Verfügung steht, lassen sich große Wirkungen erzielen, wenn man solche Steine mit Berücksichtigung ihrer Farbe zu verschieden gestalteten Mustern zusammensetzt; die höchste Wirkung wird durch Polieren des Gesteins erreicht, wobei jedoch wegen der großen Glätte das Begehen unsicher und ein Belegen mit Laufteppichen erforderlich wird.

Fig. 1198.

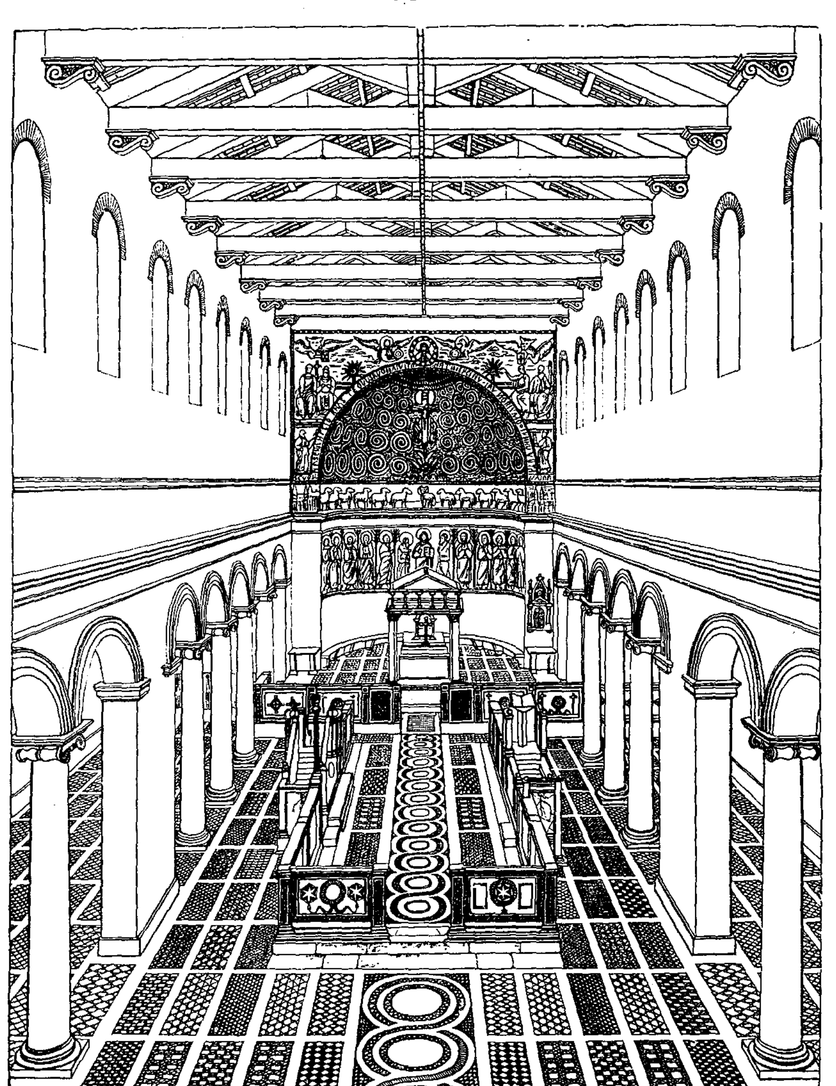


Die Technik, edle Steine in verschiedener Farbe und Form zu Fußbodenbelägen zu verwenden, ist sehr alt und deren Spur läßt sich bis nach Mesopotamien und nach Ägypten verfolgen. Bei den Römern wurden diese häufig angewandten „Plattenmosaiken" als opus sectile, und bei Anwendung von nur grünen und roten Steinen als opus alexandrinum bezeichnet. In ganz hervorragender Weise finden sich solche Plattenmosaiken in den altchristlichen Basiliken, meistens aus dem 12. Jahrhundert, zu denen die Marmorfragmente aus antiker Zeit verwendet wurden; man zerschnitt und zersägte dieselben zu Platten und Plättchen, die man zu geometrischen Mustern zusammenstellte, häufig so, daß größere aus Porphyrsäulen geschnittene Scheiben die Mitte der Zeichnung einnehmen. Hierher gehören der prachtvolle Boden von S. Maria Maggiore (um 1150) und von S. Clemente in Rom, Fig. 1199, und viele andere. (Cosmatenarbeit genannt nach einer in Rom lebenden Familie, die sich mit solchen Arbeiten hervorthat.) Diese Technik, ebenso wie jene der eingelegten Arbeiten, der Marmorintarsien, die im 12. und 13. Jahrhundert ebenfalls in hoher Blüte stand, beschränkte sich nicht auf Fußboden und Wandflächen, sondern wurde auch zur Ausstattung von Altären, Kanzeln u. dergl. verwendet.

Im Mittelalter entwickelte sich neben den eingelegten Marmorarbeiten ein Marmor-Niello, indem man den meist

hellfarbigen größeren Platten ein reicheres Ansehen dadurch zu verschaffen suchte, daß man nach den Konturen der Zeichnungen, die man den Platten zu geben beabsichtigte, schwache Vertiefungen in denselben herstellte und diese mit Blei, Mastix in verschiedenen Farben, später mit Asphalt ausfüllte.[1])

Fig. 1199.



Solche Niello-Arbeiten sind von großer Dauer und haben sich bis heute unversehrt erhalten. Die letzten Beispiele dieser Art monumentaler Dekoration finden sich in S. Maria novella in Florenz aus den Jahren 1764 und 1821.

§ 4.

Mosaik- und Terrazzoboden.

Die eigentliche Marmormosaik, die sich in der italienischen Renaissance wieder Eingang verschaffte, ist gleichfalls eine alte Technik — das opus museum oder musivum der Römer —, die schon bei den Griechen in Übung war, wie das 1829 von Blouet im Zeustempel in Olympia gefundene Mosaik beweist, Fig. 1200. Dieses besteht aus kleinen runden, nicht zerstückelten weißen und schwarzen Flußkieseln und nur an einigen Stellen der figürlichen Darstellung sind auch zerschlagene Steinstücke verwendet. Die Steinchen sind in eine sehr harte Kalkmörtelschicht von 8 cm Stärke gebettet, die jetzt noch fast überall erhalten ist; die Zerstörung ist durch Ablösen der Steinchen und nicht durch die Zerbröcklung des Mörtels erfolgt.

Die römischen mit Marmorsteinchen hergestellten Mosaikboden zeigen eine hoch entwickelte Technik und teilweise reiche figürliche Darstellungen. Als das größte und berühmteste gilt das im Museum in Neapel befindliche Mosaikgemälde der Alexanderschlacht, das 1831 im Hause des Faun in Pompeji gefunden wurde; ein anderes großes Mosaikgemälde mit 28 Faustkämpfern aus den Caracallathermen, 1824 gefunden, befindet sich im lateranischen Palast in Rom, und ein ausgezeichnetes, in den Thermen zu Otricoli gefunden, mit Nereiden, Tritonen, Centauren und Masken in der Sala rotonda im Vatikan. Die Technik verbreitete sich rasch in alle römischen Provinzen, wovon aufgedeckte Reste in Gallien und Deutschland Zeugnis ablegen. Als Beispiel geben wir in Fig. 1201 einen wahrscheinlich aus dem 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung stammenden römischen Mosaikfußboden aus Trier, der zuerst 1810 gefunden, teilweise zerstört und wieder zugeschüttet, neuerdings (1864) aber wieder aufgedeckt wurde. Wenn er auch anderen an Umfang und Reichtum nachsteht, so erscheint er um so bedeutsamer durch seine dem Zwecke eines Fußbodens aufs glücklichste angepaßte und deshalb mustergültige architektonische Auffassung.[1])

Diese Marmormosaiken, die in neuester Zeit bei öffentlichen und Privatbauten und meistens in Verbindung mit Terrazzo wieder zur Ausführung gelangen, werden mit kleinen, etwa 1—2 cm messenden Marmorwürfelchen, die mit dem Hammer zugehauen werden, nach jeder beliebigen Zeichnung ausgeführt. Dabei ist bei der Auswahl der Marmorarten darauf zu achten, daß sie

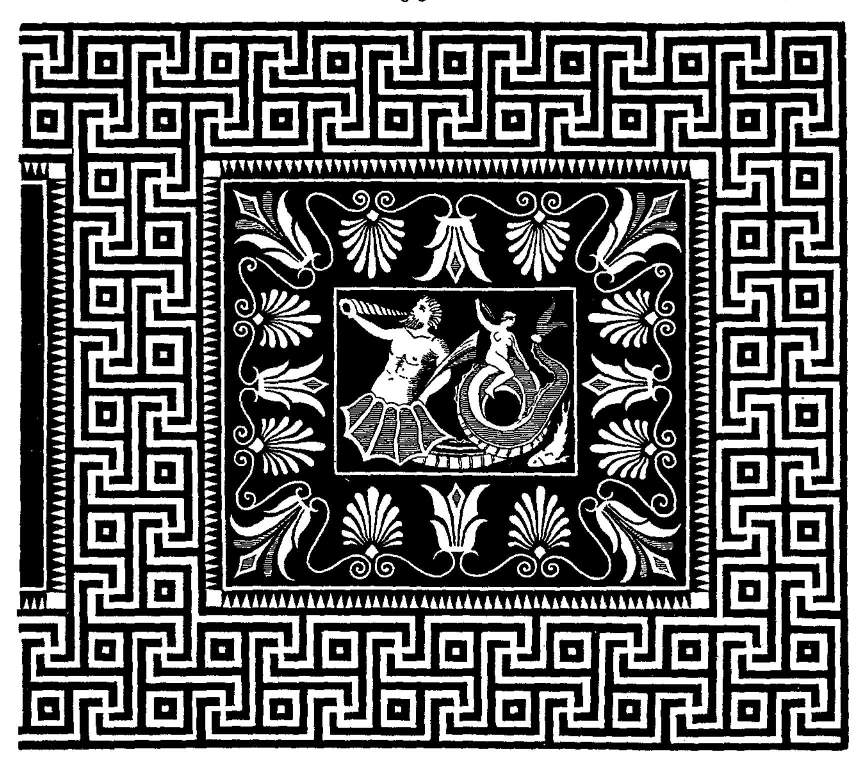
1) Man lese hierüber Viollett-le-Duc, V. Bd., S. 9 „dallage“.

1) Deutsche Bauzeitung 1880, S. 250.

möglichst gleiche Härte besitzen, da sich die weicheren Sorten schneller abnutzen, wodurch unschöne Unebenheiten in der polierten Oberfläche entstehen.

Der Terrazzo unterscheidet sich von dem Mosaikboden durch die unregelmäßige Gestalt und verschiedene Größe der Steinchen, die nicht nach bestimmten Zeichnungen gesetzt, sondern auf den Boden ausgestreut und eingewalzt werden. In Verbindung mit Mosaik entstehen die sogenannten Mosaik-Terrazzoboden.

Fig. 1200.

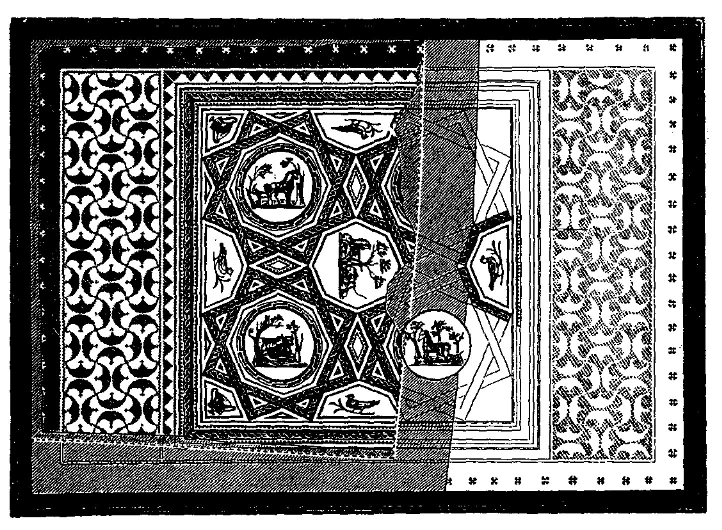


Dieselben werden am besten auf einer Betonunterlage hergestellt, die sich mehr zur Aufnahme eignet als ein Backsteinpflaster, weil dieses das zur Herstellung der Terrazzoschicht nötige Wasser zu rasch aufsaugt, und weil eine Betonunterlage eine innigere Verbindung mit der eigentlichen Bodenschicht eingeht.

Über Gewölben, die ja stets im Zusammenhange mit den Umfassungswänden stehen, empfiehlt es sich, die Betonunterlage auf einer einige Centimeter starken Sandschicht (als Isolierschicht) auszuführen, anderenfalls etwaige Bewegungen im Mauerwerk sich leicht auf den Boden übertragen und Risse hervorbringen. Der Beton, dessen Stärke bei kleineren Räumen 10 cm, bei größeren bis 15 cm beträgt, wird zweckmäßig im Mischungsverhältnis von 1 Teil Portlandcement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Kies hergestellt.

Die Terrazzolage erhält 3 cm Stärke und besteht zunächst aus einer Ausgleichung von Portlandcement und Sand im Verhältnis von 1 : 2, sodann aus der eigentlichen Terrazzoschicht, die sich aus dem Bindemittel und den Terrazzosteinen zusammensetzt. Auf das Bindemittel, einer Mischung von feinem Mehl aus harten Backsteinen, Marmorstaub und Portlandcement, werden die verschiedenfarbigen Steinchen, und zwar zunächst die größeren, dann die kleineren ausgestreut, so daß die ganze Fläche dicht übersäet ist, und alsdann das Ganze gehörig festgewalzt. Nach etwa 3 Tagen, wenn der Boden genügend hart geworden ist, wird er mit Schleifsteinen abgeschliffen, und sodann nach vollständiger Austrocknung, also nicht vor ca. 2 Monaten, zunächst sorgfältig gereinigt, alsdann nochmals mit einer feinen Kittmasse aus Cement und Marmorstaub überzogen und fein geschliffen. Bei Verwendung von hellen Marmorsteinen ist es notwendig, den Cement entsprechend zu färben, damit die Cementfarbe nicht störend in die Erscheinung tritt. Der so geschliffene Belag wird eventuell wiederholt mit rohem nicht klebendem Leinöl getränkt, und alles nicht aufgesaugte Öl sorgfältig entfernt,

Fig. 1201.



bis der Boden ein gesättigtes Aussehen und schönen Glanz zeigt.

Ist der Terrazzo „stumpf“ geworden, läßt er sich durch Tränken mit Leinöl immer wieder auffrischen, und es sollte dieses Verfahren jährlich etwa zweimal wiederholt werden, da dies der Erhaltung des Bodens außerordentlich förderlich ist.

Der gesetzte (Mosaik-) Boden unterscheidet sich in der Herstellung nicht von dem gestreuten. Gewöhnlich wird der Mosaikboden nach der gegebenen Zeichnung an Ort und Stelle gefertigt, häufig jedoch auch die einzelnen Würfelchen zunächst auf Papier geklebt, die so zusammengesetzten Stücke umgekehrt in die Unterlage eingedrückt, das Papier entfernt, das Ganze mit dem Bindemittel übergossen, so daß sich die Fugen füllen, und nunmehr wird wie beim Terrazzo verfahren.

An Stelle der Marmorwürfel bedient man sich auch der Thonstifte. Diese entbehren jedoch des schönen Marmorglanzes und der eigenartigen Durchsichtigkeit des Marmors, in gewisser Hinsicht auch der Intensität und der Wärme der Farbe; der Vorzug besteht in der größeren Härte und der reicheren Farbenabstufung der Thonstifte.

Eine andere Technik, die jedoch ein weniger mosaikartiges Aussehen ergiebt, zeigen die „Granitoboden", die für sehr reiche Boden in Anwendung kommen, da es in dieser Technik möglich ist, reichere Muster zu verhältnismäßig billigen Preisen herzustellen. Hierbei werden die durchweg etwa erbsengroßen Steinchen auf die bis auf 2 cm unter Fußbodenfläche hergestellte Ausgleichschicht aufgebracht, und zwar entweder in einfacher Weise, oder unter Anwendung von eisernen Schablonen, die dann herausgenommen werden, worauf man die entstehenden Lücken mit andersfarbigen Steinchen und Mörtelmasse ausgießt. Durch Farbenzusatz wird es möglich, jede gewünschte Abstufung und eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Zusammenstellung zu erzielen. Die weitere Behandlung ist dieselbe wie bei den Terrazzoboden.

Diese Granitoboden entbehren nicht des Schablonenhaften und lassen die Feinheiten vermissen, die bei den übrigens viel teureren Mosaikboden so vorteilhaft in Erscheinung treten.[1])

Auf Taf. 103 geben wir den Mosaik-Terrazzoboden aus dem oberen Treppenhausvestibül des Kollegiengebäudes der Universität Straßburg, der nach dem Entwurfe des Verfassers von J. Odorico ausgeführt wurde.[2])

B. Boden aus künstlichen Steinen.

§ 5.

Backsteinfußboden.

Das Belegen oder Pflastern der Boden mit gebrannten Steinen ist besonders in südlichen Klimaten — Italien, Südfrankreich u. s. w. — nicht allein für Gänge und Vorplätze, sondern auch in Zimmern anstatt der Dielen gebräuchlich. Da, wo natürliche Steine fehlen, vertreten sie deren Stelle. Die Backsteine werden in gewöhnlichem Format oder als Platten, „Fliesen", von quadrater oder von einer anderen polygonalen Form von 3—6 cm Stärke verwendet. Daß man zu dergleichen Pflasterungen, und namentlich wenn sie dem Wetter ausgesetzt werden sollen, nur gute, besonders fest gebrannte Steine, sogenannte Klinker, benutzen darf, versteht sich von selbst.

Was die Herstellung des Pflasters aus Backsteinen betrifft, so setzt man sie entweder auf und in eine geebnete Sandschicht, und nennt einen solchen Fußboden ein in Sand gesetztes Backsteinpflaster, oder man verfährt zwar ebenso, läßt aber die Fugen offen und gießt dieselben mit einem dünnflüssigen Mörtel aus; dann erhält der Fußboden den Namen einer Pflasterung mit ausgegossenen Fugen. Das letztere Verfahren sichert die Fugen einigermaßen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit. Will man indessen dieses ganz verhüten, so mauert man die Steine förmlich aneinander, indem man nicht nur beim Legen der Steine alle Fugen sorgfältig mit Mörtel füllt, sondern die Steine auch auf ein Mörtelbett legt. Eine solche Pflasterung heißt dann ganz in Mörtel gelegt. Die einzelnen Steine können dabei flach gelegt oder hochkantig gestellt werden, und man unterscheidet danach Backsteinpflaster auf der flachen Seite und hochkantiges Pflaster.

Bei der Darstellung dieser Pflasterungen kommt es darauf an, den einzelnen Steinen ein sicheres Lager zu geben, so daß sie mit ihrer ganzen Fläche aufliegen, und daß die Stoßfugen Verband halten. Letzteres ist bei der regelmäßigen Gestalt leicht zu erreichen, und die verschiedenen sich ergebenden Muster hat man durch besondere Namen bezeichnet. So stellt Fig. 1202 den gewöhnlichen Läuferverband, Fig. 1203 den Blockverband und Fig. 1204 den Schlangenverband dar.

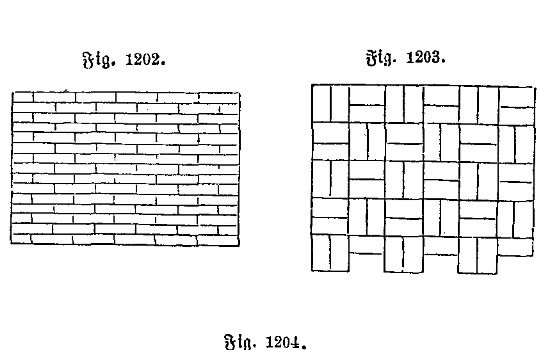
Ein ganz in Mörtel gelegtes Pflaster ist unstreitig das dauerhafteste; jedoch wird die Reparatur eines solchen, besonders wenn es hochkantig ist, mühsam, weil ein einzelner Stein nicht wohl auszuheben ist, ohne mehrere seiner Nachbarn gleichfalls zu bewegen, wobei sie dann ganz zerbrechen.

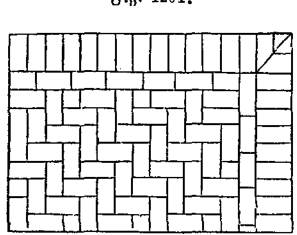
Man legt die Steine dort hochkantig, wo man befürchtet, daß die auf das Pflaster wirkenden Lasten die flach gelegten Steine zerdrücken würden, namentlich in Viehställen, Brau- und Brennereien. Ein solches Pflaster wird aber bei der nicht zu vermeidenden Ungleichheit in der Härte der Steine sehr bald uneben und holprig, und muß dann erneuert werden. Legt man aber ein doppeltes flaches Pflaster, so kostet dieses nicht mehr Material als ein hochkantiges (wenn wir die Dicke der Steine gleich der

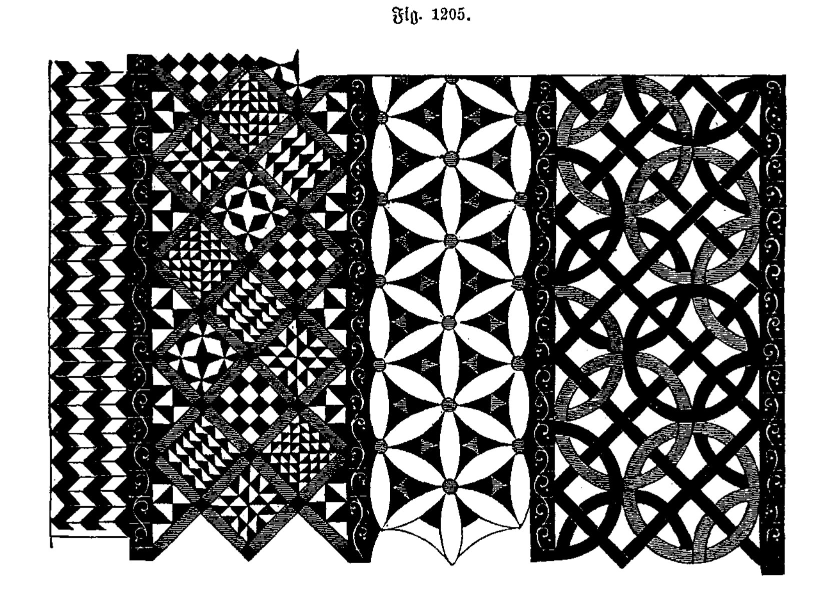
1) Die vorstehenden technischen Angaben sind gefälligen Mitteilungen des Herrn Fabrikanten J. Odorico in Frankfurt a. M. entnommen.

2) Siehe auch das Titelblatt, das einen kleinen Teil des Mosaikbodens des Treppenpodestes erkennen läßt.

halben Breite annehmen), und wird, festgebrannte Steine vorausgesetzt, einem Drucke ebensogut widerstehen als ein hochkantiges, ja noch besser, weil der den einzelnen Stein treffende Druck auf eine größere Fläche verteilt wird. Außerdem hat ein solches Pflaster wegen der verringerten Fugenanzahl eine ebenere Oberfläche und ist in seiner Reparatur und Unterhaltung wohlfeiler als ein hochkantiges, da letzteres ganz erneuert werden muß, während bei einem doppelt liegenden flachen Pflaster nur die obere Schicht, also die Hälfte des Materials, einer Erneuerung bedarf, weil die untere Schicht unbeschädigt bleibt. Legt man


Fig. 1202. Fig. 1203.


Fig. 1204.


Fig. 1205.

daher die untere Schicht in Sand und bringt auf dieselbe eine dünne Sandlage, damit die zweite Schicht nirgends hohl liegt und sich die Steine nicht unmittelbar berühren, und gießt bei der letzten Schicht die Fugen mit Mörtel aus oder legt sie, wenn möglichste Wasserdichtigkeit verlangt wird, ganz in Mörtel, so dürfte das dauerhafteste und am billigsten zu unterhaltende Backsteinpflaster auf diese Weise konstruiert sein. Ein solches doppeltes Pflaster mit verwechselten Fugen ist auch zur Bildung eines feuersicheren Bodens über einem Gebälk einem hochkantigen Pflaster vorzuziehen.

Hat man bei Bildung des Fußbodens besonders auf Trockenheit und Wärme zu sehen, so wendet man Hohlsteine, „Lochsteine", an, welche auch zur künstlichen Erwärmung des Fußbodens in Gewächshäusern, Kirchen u. s. w. benutzt werden können.

Diese Hohlsteine werden, ebenso wie Vollsteine, entweder auf hoher Kante oder auf flacher Seite in Kalk oder Cementmörtel, oder in Sand in einfachem oder figuriertem Verbande verlegt und die Fugen mit Mörtel ausgegossen. Da die oberen Wandungen der den Fußboden bildenden Hohlsteine dem Abnutzen am meisten ausgesetzt sind, so sucht man solche stärker zu machen als die übrigen.

§ 6.

Fußbodenbeläge aus Fliesen.

Fußbodenbeläge aus gewöhnlichen Backsteinen werden immer nur in untergeordneten Räumen zur Ausführung gebracht, und es finden die für Fußbodenbeläge eigens hergestellten Plättchen, Fliesen, eine immer ausgedehntere Anwendung infolge der außerordentlichen Fortschritte, die in der Fabrikation der Platten in technischer und künstlerischer Hinsicht zu verzeichnen sind, so daß es möglich ist, mit den heutigen Erzeugnissen Boden herzustellen, die den höchsten Anforderungen genügen.

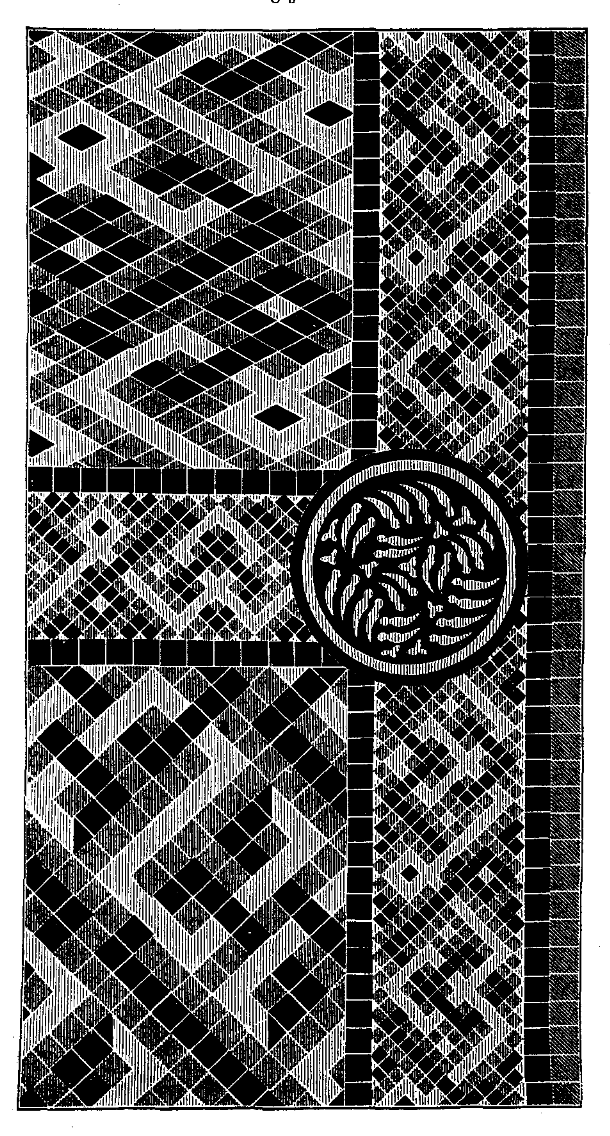
Die bemerkenswertesten Arten sind folgende:

1. Fliesen aus gebranntem Thon. (Thonplättchen und Steinzeugplättchen.)

Außer den gewöhnlichen Thonplättchen sind es vornehmlich die einfach- und reichgemusterten Steinzeugfliesen, die sich stets größerer Anwendung erfreuen und von einigen Fabriken als Spezialität hergestellt werden. Insbesondere liefern die vorzüglichen Fabriken von Villeroy & Boch in Mettlach, die Mosaikplatten-Fabrik in Sinzig, Minton und Kollins & Co. in Stoke-upon-Trente, March in Charlottenburg u. a. ausgezeichnete Fabrikate. Die Mettlacher Platten sind härter als Stahl, so daß sie der Abnutzung nicht unterworfen und vollkommen witterungsbeständig sind und ebensogut im Freien wie in bedeckten Räumen verwendet werden können. Sie zeichnen sich durch geschmackvolle Zeichnung und harmonische Farbengebung aus,

und werden entweder nach vorhandenen Mustern oder nach besonderen Zeichnungen geliefert. Die Herstellung erfolgt derart, daß der vorzügliche Thon in Pulverform gebracht, verarbeitet, mit Flußmitteln gemischt und in trockenem Zustande einem sehr bedeutenden Drucke ausgesetzt wird. Die Muster, die diese Fliesen meist aufweisen, werden derart hergestellt, daß man auf die Fläche des noch schwach gepreßten Stückes nach der beabsichtigten Zeichnung Lehren aus dünnem hochkantig gestelltem Blech legt, diese mit dem gefärbten Thonpulver füllt und das Stück dann nochmals unter die Presse bringt. Die so zu einem bereits festen Körper geformten Stücke werden in Öfen gebrannt.

Fig. 1206.

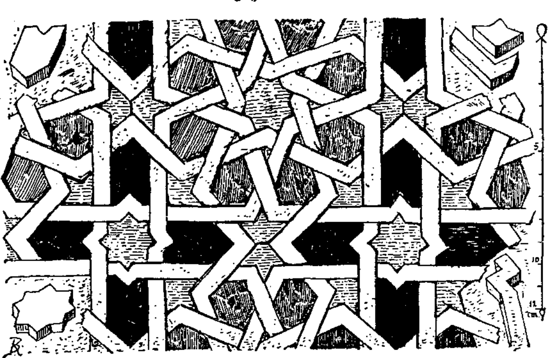


Die Herstellung der Bodenbeläge aus Fliesen oder aus besonders geformten Stücken reicht bis in das zwölfte Jahrhundert; sie wurden häufig als Mosaikpflaster in reicher Durchbildung ausgeführt, wie die vielfachen Funde beweisen. Als die ältesten gelten die prächtigen Mosaikboden in verschiedenen Kapellen der Abteikirche S. Denis, von denen wir in Fig. 1205 [1]) ein Beispiel geben. Das Schwarz in der Zeichnung entspricht dem Schwarz oder Dunkelgrün des Originals, die schraffierten Teile dem Naturrot, das Weiß dem schwachen Ockergelb. Die einzelnen Stücke sind in Formen gegossen und für sich glasiert. Bei reicheren Figuren sind häufig in die größeren Platten kleinere Stücke von anderer Farbe eingesetzt.

Ein hübscher nur aus quadratischen oder rautenförmigen Thonfliesen hergestellter Mosaikboden findet sich im Refektorium des Burgklosters zu Lübeck, 14. Jahrhundert, der aus roten, schwarzen und gelblichen Ziegeln besteht, welche durch Einschnitte mit Stuckausfüllung getrennt sind, Fig. 1206. [1])

Schließlich geben wir in Fig. 1207 noch einen prächtigen Mosaikfußboden aus glasierten Thonfliesen aus Spanien aus dem 14.—15. Jahrhundert. [2])

Fig. 1207.



2. Cementfliesen, deren Hauptbestandteile Cement und Sand sind. Sie sind etwa 3—5 cm stark und besitzen in der oberen Schicht ein feineres Korn als in der unteren. Der Cement wird entweder in der Masse gefärbt, oder es werden Musterungen durch Einlegen von verschieden gefärbten Streifen hergestellt, wobei jedoch die Zahl der verwendbaren Farben gering ist, da der Cement viele Farben zerstört und auch an seiner Bindefähigkeit durch den Farbzusatz verlieren kann. Bei der großen Verschiedenheit der Fabrikate, die im allgemeinen etwas schmutzig-grau aussehen und keine leuchtenden Farben zeigen, ist Vorsicht geboten.

1) Nach B. Bucher, Geschichte der technischen Künste, I. Bd. Fig. 27 u. 33.

2) Handbuch der Architektur, I. Teil, IV. Bd., S. 83.

3. Sogenannte Kunststeinfliesen, deren Zusammensetzung mannigfach wechselt und oft als Geheimnis bewahrt wird. Neben Cement kommen Gips, Wasserglas und andere Stoffe zur Verwendung; die Platten werden meist unter starkem Drucke hergestellt. Bei nicht bekannten Fabrikaten ist zu empfehlen, deren Verwendung von dem Nachweis gelungener Ausführungen abhängig zu machen.
4. Mosaik- und Terrazzofliesen, die genau in der Art dieser Boden, jedoch in Plattengröße in eisernen Rahmen gefertigt werden, wie solche z. B. für den Bodenbelag des Glashofes des Kollegiengebäudes der Universität Straßburg durch J. Odorico in Frankfurt a. M. hergestellt wurden, oder es sind Fliesen, die in ihrer Oberfläche so behandelt sind, daß sie Terrazzo täuschend nachahmen. Bekannte Fabrikanten sind Mascha in Prag und Dresden und Monod & Froideville in Potsdam.

Fig. 1208.

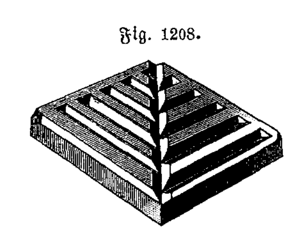
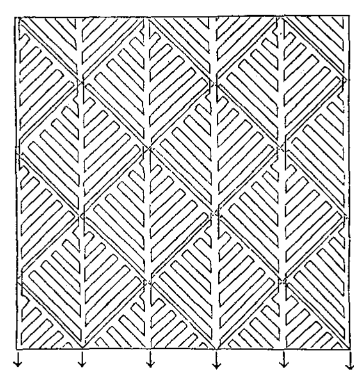


Fig. 1209.



5. Fußbodenplatten aus Glas. Für Räume, in denen mit Säuren gearbeitet wird, oder die stark der Nässe ausgesetzt sind, empfehlen sich besonders hergestellte Fußplatten aus Glas, Fig. 1208 u. 1209, wie solche von den Glashüttenwerken A. Bumann in Soest hergestellt werden, und die derart geriffelt sind, daß jede Platte sich selbst sowie die anschließenden unmittelbar entwässert, wie die Zeichnungen erkennen lassen.

Das Verlegen der Fliesen erfolgt in Kalkmörtel mit Cementzusatz auf einer Betonunterlage von 10—12 cm Stärke, wobei zu beachten ist, daß der Cementmörtel von der Oberfläche der Platten und Fliesen vor dem Erhärten sauber abgewaschen werden muß, wenn nicht häßliche Spuren desselben zurückbleiben sollen. Bei gewöhnlichen Thonfliesen, bei denen zu befürchten ist, daß sie durch die Ausschwitzungen des Cements Not leiden können, sollte das Verlegen nur mit gutem hydraulischen Kalkmörtel vorgenommen werden.

C. Estrichfußboden.

§ 7.

Allgemeines.

Unter einem Estrich im allgemeinen verstehen wir eine aus einer anfänglich weichen, mörtelartigen Masse gebildete Fläche, die nach dem Erhärten eine fest zusammenhängende, von keiner Fuge unterbrochene Fläche darstellt. Je nach der Verschiedenheit des Materials haben die Estriche verschiedene Namen bekommen, von denen wir die gewöhnlich vorkommenden näher beschreiben wollen.

§ 8.

Der Lehmestrich.

Der Lehmestrich besteht aus festgeschlagenem Lehm, dem noch einige andere Materialien, als Teergalle, Ochsenblut, Hammerschlag u. s. w. zugesetzt werden, um die Oberfläche ebener und fester zu machen, und dessen Stärke sich nach dem Gebrauche richtet, den man von dem Fußboden macht. In Dreschtennen, wo diese Fußboden fast ausschließlich zur Anwendung kommen, beträgt die Stärke 30—36 cm, in Zimmern zu ebener Erde 15—18 cm, und als Fußboden der Dachbalkenlage eines Gebäudes, wo er zuweilen der Feuersicherheit wegen angebracht wird, bekommt er nur eine Stärke von 7 bis 9 cm. Die Anfertigung besteht darin, daß man den gegrabenen, fetten Lehm mit der natürlichen Erdfeuchtigkeit in dünnen Lagen von 7—9 cm aufschüttet, anfänglich wohl durch Treten mit den Füßen, dann aber und hauptsächlich mit Schlägeln, die wie ein halber Cylinder gestaltet und mit einer Handhabe versehen sind, so lange schlägt, bis die Oberfläche gar keine Eindrücke von den Schlägeln mehr annimmt. Hierbei bestreicht man, wenn der Lehm zu mager ist, denselben mit Teergalle oder Rindsblut und setzt das Schlagen in Zwischenräumen von 24 Stunden, in welchen man den Lehm trocknen läßt, und nach welcher Zeit, bevor er ganz festgeschlagen ist, sich Risse zeigen, fort, bis keine Risse mehr auftreten. In Schweden soll man dem Lehmestrich dadurch eine besondere Festigkeit geben, daß man auf jede Schicht Lehm, vor dem Schlagen derselben, frischgebrannten Gips aufsiebt und diesen mit einschlägt.

Eine andere Art der Anfertigung, welche man im Gegensatz zu der eben beschriebenen, der trockenen, die nasse nennt, besteht in folgendem: Auf den geebneten Boden bringt man eine Lage kleiner Kiesel oder Flußgeschiebe und ebnet dieselbe mit einem Rechen, wobei sie zugleich möglichst fest zusammengestoßen werden muß. Auf

die Kiesellage bringt man 12 cm hoch trockenen, fetten und klein geschlagenen Thon und stampft auch diesen fest. Auf diese Unterlage bringt man nun nach und nach im Wasser aufgeweichten Thon, dessen Wasser sich in den unteren trockenen Thon ziehen und den oberen leicht erhärten lassen wird. Die hier entstehenden Risse und Sprünge müssen mit den beschriebenen Schlägeln, auch Pritschbläuel genannt, fest- und zugeschlagen werden, welche Arbeit überhaupt immer die Hauptsache bleibt. Ist auf diese Weise der Estrich mit möglichster Sorgfalt bearbeitet, so daß sich keine Risse mehr zeigen und derselbe ziemlich trocken ist, so wird seine Oberfläche mit Rindsblut, welches mit noch einmal so viel Wasser und mit dem feinsten Thon vermischt worden, oder, nach einer anderen Vorschrift, mit Rindsblut, Hammerschlag und Pferdeurin, vermittelst eines Maurerpinsels angefeuchtet, und wenn dieser Überzug trocken geworden ist, wiederholt man ein solches Überstreichen noch mehrere Male, bis sich gar keine Risse weiter zeigen.

Diese Art der Anfertigung bezieht sich namentlich auf die Dreschtennen und erleidet in anderen Lokalitäten insofern einige Abänderungen, als die Stärke abnimmt und kein so großes Gewicht auf die große Festigkeit des Estrichs gelegt wird, wodurch dann wieder ein vermindertes Schlagen desselben eintritt, was namentlich da, wo der Estrich auf einem Gebälk angebracht werden soll, nicht in der angegebenen Ausdehnung stattfinden darf. Man muß hier mehr durch einen richtigen Feuchtigkeitsgrad des Lehms und dadurch, daß man ihn nicht zu fett verwendet, vielleicht auch noch durch Walzen die Befestigung desselben zu erlangen suchen.

Diese Fußboden können der Nässe nicht widerstehen und haben den Nachteil, daß sie nicht ausgebessert werden können; wenn Löcher und Vertiefungen entstehen, so muß der alte Estrich ausgebrochen und ein neuer angefertigt werden. Die Landleute verrichten diese Arbeit in der Regel selbst.

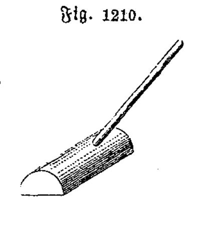
§ 9.

Der Gipsestrich.

Der hierzu zu benutzende Gips wird stärker gebrannt als der Stukkogips, um nicht so schnell zu binden, und auch nur grob gemahlen; er heißt dann Bodengips. Die Stärke des Estrichs beträgt gewöhnlich etwa 4 cm. Bedingung der Haltbarkeit ist Abwesenheit von Feuchtigkeit; an feuchten Orten ist er daher nicht anwendbar. Die unmittelbare Unterlage des Estrichs bildet immer eine 2—3 cm starke Schicht trockenen Sandes, mag der Estrich auf einer Balkenlage, über Gewölben oder sonst wo angeordnet werden. Die Anfertigung besteht in folgendem:

Soll ein Raum mit einem Gipsestrich versehen werden, so streckt man auf der geebneten Sandunterlage in einer Entfernung von ca. 1,0 m von einer der Wände, daß man noch bequem mit dem Streichholze darüber reichen kann, eine Lehrlatte, deren Dicke mit der des Estrichs übereinstimmt, und die womöglich die ganze Länge zwischen den begrenzenden Wänden einnimmt. In den Raum zwischen der Latte und den Wänden wird der mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührte Gips mit Handeimern so gegossen, daß er überall gleich dick liegt und sich nicht mit der Sandunterlage vermengt. Sodann gleicht man mit einem Richtscheit, das man über die Lehrlatten führt, die Masse ab und ordnet nach etwa einer Viertelstunde, wo man die Lehrlatten fortnehmen kann, ein zweites Feld an, das auf dieselbe Art behandelt wird, und fährt mit dieser Operation fort, bis der ganze Raum übergossen ist. Nach 24 Stunden hat der Estrich schon so viel Festigkeit erhalten, daß man Bretter darüber legen und auf diesen stehen kann, und es zeigen sich feine Sprünge und Risse. Jetzt wird der Gipsguß mit hölzernen Schlägeln von Buchenholz, gewöhnlich 36 cm lang, 20—25 cm breit und 10 bis 12 cm stark, die mit einem Handgriff versehen und etwa nach Fig. 1210 gestaltet sind, tüchtig geschlagen, und zwar so lange, bis die Risse verschwinden und die Oberfläche feucht wird, oder bis — wie die Arbeiter sagen — der Gips schwitzt. Dies Verfahren wird nach 5—6 Stunden wiederholt und endlich der Estrich mit stählernen Maurerkellen völlig geebnet.

Fig. 1210.



Da bekanntlich der Gips beim Erhärten sein Volumen vergrößert, so muß hierauf Rücksicht genommen und ein angemessener Raum rings an den Wänden frei gelassen werden. Wie groß dieser sein muß, läßt sich wohl nicht allgemein angeben und muß, wo keine Erfahrungen vorliegen, durch Versuche ermittelt werden. Jedenfalls ist es besser, den Spielraum etwas zu groß anzunehmen als zu klein, weil man den nach erfolgter Erhärtung etwa noch bleibenden Raum leicht nachträglich mit Gips ausgießen kann. Ist der Raum aber zu klein und fest begrenzt, so bekommt der Estrich wellenförmige Erhebungen, welche Veranlassung zu Brüchen geben.

Ein solcher Estrich hat gewöhnlich eine schmutzig weiß-rötliche Färbung, die man jedoch durch eine dem Gips beim Anrühren zugesetzte Farbe beliebig abändern kann, nur muß die Farbe eine Erd- und keine Saftfarbe sein, weil letztere von dem Gips aufgezehrt werden würde. Man kann auch dem Fußboden ein beliebiges Muster geben, indem man die Stellen, welche anders gefärbt werden sollen, beim Gießen der Grundfarbe mit Holzstücken belegt (deren Seitenkanten aber mit Seifenwasser benetzt

und etwas verjüngt gehobelt werden müssen, um leichter herausgenommen werden zu können), hiernach diese entfernt und die nun leeren Stellen auf dieselbe Weise mit anders gefärbtem Gips ausgießt. Ist alles trocken, so hobelt man den Boden mit einem gewöhnlichen Hobel eben und kann ihn nun dadurch schöner und dauerhafter herstellen, daß man ihn zwei- bis dreimal mit Leinöl tränkt, dessen tieferes Eindringen man dadurch befördert, daß man Kohlenpfannen von Eisenblech in einer Entfernung von beiläufig 3 cm über den Boden hinführt, dann denselben mit einem Sandsteine und Wasser abschleift, mit Wachs überzieht und wie einen Parkettboden bohnt.

§ 10.

Der Kalkmörtelestrich.

Es giebt verschiedene Rezepte zur Bereitung solcher Estriche und in verschiedenen Ländern kommen verschiedene Bereitungsarten in Anwendung. Schon Vitruv beschreibt in Bd. VII den Estrich der Griechen und Rondelet giebt in seinem bekannten Werke eine vollständige Übersetzung des Vitruvschen Textes. Wir können diese verschiedenen Estriche hier nicht alle anführen und beschränken uns auf die Angabe von einigen, die vielleicht in Deutschland am leichtesten zur Anwendung kommen können. Im allgemeinen besteht das Verfahren in der Bereitung einer Art Betonmasse, gewöhnlich in mehreren Schichten, die durch Schlagen verdichtet und geebnet, dann oft noch geschliffen, poliert oder mit einem Anstrich versehen werden. Menzel giebt in seinem Werke „Der praktische Maurer", folgende Bereitungsart an.

„Auf den geebneten Grund werden Steine geschüttet und vollkommen festgestampft. Dann läßt man Kalk gleich nach dem Brennen durch ein feines Sieb laufen, mischt 2 Teile Kies mit 1 Teil Kalkpulver und befeuchtet das Ganze mit so viel Rindsblut, als zum Festhalten des feinen Pulvers nötig ist; je weniger desto besser. Diese Mischung wird auf dem Boden ausgebreitet und sogleich festgestampft, wobei sie immer angefeuchtet wird. Währenddessen wird vom trockenen Pulver (Sand und Kalk) zugestreut und so lange mit dem Stampfen fortgefahren, bis der Estrich steinhart ist.

„Soll die Fläche sehr fein werden, so nimmt man zur nächsten Lage feingesiebten Kalk, $^1/_{10}$ Roggenmehl und etwas Rindsblut, stampft dies zum zähen Mörtel, ebnet mit der Kelle, wiederholt dies den folgenden Tag und so öfters, bis alles ganz trocken ist. Endlich kommt darauf noch ein Anstrich von Rindsblut. Auch kann man noch einen Ölanstrich darauf bringen."

Aus hydraulischem (schwarzem) Kalk läßt sich, wenn man ihn mit reingewaschenem Kies im Verhältnis von $4^1/_2$ Teilen Kies auf 1 Teil Kalk mengt, ein Estrich herstellen, der in Küchen, Kellern, Waschhäusern und Ställen u. s. w. einen recht dauerhaften Fußboden giebt. Der Kies muß gröber als Sand, aber doch nicht größer als Erbsen sein. Auf ein Bett von Mauerwerk oder festgestampften Steinen wird das angegebene Gemenge aus frisch gelöschtem Kalk und Kies (welches übrigens schnell erhärtet und daher schnell verarbeitet werden muß) ausgebreitet, und nach 24stündiger Ruhe mit glatten Klopfhölzern geschlagen, wobei das Wasser auf die Oberfläche tritt und das Ganze sich ebnet. Dies Schlagen wird in 24stündigen Zwischenräumen etwa acht Tage oder so lange fortgesetzt, bis keine Feuchtigkeit mehr entsteht, wobei mit der zunehmenden Härte des Estrichs das Schlagen stärker werden muß. Auch kann man nach dem erstmaligen Schlagen eine dünne Schicht Ziegelmehl auf den Estrich sieben und beim zweiten Male mit einschlagen, dies Verfahren auch nochmals wiederholen, nur darf die Schicht Ziegelmehl nicht zu dick sein und die letzten Male muß ohne aufgebrachtes Ziegelmehl geschlagen werden. Anzuraten ist es, bei der Anfertigung den Estrich vor der Einwirkung der Sonnenstrahlen zu schützen, weil die Masse sonst zu schnell erhärtet und leicht bröcklig und mürbe wird.

§ 11.

Der Cementestrich.

Die Cementestriche, die in neuerer Zeit eine außerordentlich ausgedehnte Anwendung finden, können bei jeder Witterung mit Ausnahme von Frostwetter gelegt und sehr schnell ausgeführt werden.

Da die Haltbarkeit des Überzuges von der Unterlage abhängt, so muß diese möglichst sorgfältig hergestellt werden, weshalb man entweder ein hochkantiges Backsteinpflaster oder besser und billiger eine 10—12 cm starke Betonierung aus 1 Teil Cement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies ausführt. Diese Betonierung muß schachbrettartig in vollständig voneinander unabhängigen Rechtecken und Quadraten von etwa 4—6 qm Größe hergestellt werden, damit etwaige Schwindungsfugen sich längs der so hergestellten Trennungsfugen bilden und unregelmäßige Risse und Sprünge möglichst vermieden werden.

Der Cementüberzug erhält 2—3 cm Stärke und besteht aus 1 Teil Portlandcement und 1—2 Teilen rein gewaschenem Sand von mittlerem Korn. Der Sandzusatz richtet sich nach dem Härtegrad, welchen man dem Boden zu geben beabsichtigt und welcher zunimmt mit der Abnahme des Sandzusatzes. Die Unterlage, welche, wie schon erwähnt, nicht trocken zu sein braucht, sondern vielmehr noch gehörig feucht sein muß, wird vor dem Auftragen des Cements tüchtig genäßt, im Fall sie schon stark ab-

getrocknet wäre, worauf der Mörtel mit der Kelle aufgetragen, gehörig verteilt und mit dem Reibebrett gut und gleichmäßig verrieben wird. Bei größeren Fußboden werden Richtscheit und Setzwage zu Hilfe genommen, um einen ebenen Boden zu erzielen und geschieht die Anfertigung des Überzuges in Streifen oder Bahnen von 0,90—1,2 m Breite, wobei auf eine saubere Verreibung der Bahngrenzen zu sehen ist.

Man unterscheidet geglätteten und ungeglätteten Cementüberzug.

Das Glätten des Überzuges wird in der Art bewirkt, daß, sobald der aufgetragene und glatt geriebene Mörtel zu binden beginnt, man die Fläche mittels eines Glätteisens so lange durch eine gerade Hin- und Herbewegung abschleift, bis sie völlig glatt, wie gut geschliffener Marmor, sich darstellt. Bei diesem Schleifen und Abglätten, wobei die Sandkörner im Mörtel allmählich nach unten gedrückt werden, wird reiner Cement in Wasser aufgelöst und zum Anfeuchten auf die zu glättende Fläche aufgetragen.

Was die Dauerhaftigkeit des geglätteten und ungeglätteten Cementüberzuges betrifft, so verhalten sich diese Überzüge ähnlich wie der glatte Putz zum rauhen, d. h. der ungeglättete ist dem geglätteten vorzuziehen, indem während der Glättung dieselbe Störung der Erhärtung des Cements eintritt, wie dies beim gewöhnlichen Mörtel der Fall ist, wenn seine Oberfläche durch Abreibung glatt gemacht werden soll.

Cementboden, welche stark begangen werden, stäuben, insbesondere wenn die Besucher viel Sand durch die Fußbekleidung mitbringen, wodurch Reibung und Abnutzung entsteht. Um diesem Übel vorzubeugen, was namentlich bei Ausstellungslokalen sehr mißlich ist, überzieht man den vorher gut gereinigten und getrockneten Cementboden mehrere Male mit Wasserglas. Dabei ist besonders darauf zu sehen, daß das Wasserglas recht dünnflüssig aufgetragen wird, indem ein oftmaliges Überziehen mehr Dauer verspricht, als wenn der Anstrich nur ein- bis zweimal, aber mit Wasserglaslösung von mehr Konsistenz, erfolgt. Diese Überzüge müssen von Zeit zu Zeit, je nach dem Gebrauche und der Abnutzung der Boden, wiederholt werden.

§ 12.

Der Asphaltestrich.

Der Asphalt, auch Erdpech genannt, besteht aus mehreren Kohlenwasserstoffverbindungen und einer sauerstoffhaltigen, und ist ein Gemisch verschiedener harzartiger Körper (Bitumen).

Er findet sich vornehmlich in gewissen Kalksteinen der Juraformation, die derartig mit Asphalt imprägniert sind, daß sie als sogenannter Asphaltstein benutzt werden, der aus ca. 83—88 Proz. Kalk und 17—12 Proz. Asphalt besteht. Hauptfundorte sind:

1. Seyssel (Departement de l'Ain) an der Rhone.
2. Val de Travers, Kanton Neufchâtel, Schweiz.
3. Limmer bei Hannover.
4. Lobsann im Unter-Elsaß bei Weißenburg, wo der Asphaltstein auf einem Braunkohlenflötz liegt, unter dem sich Bergteer (Goudron) angesammelt hat.
5. Asphalt findet sich ferner im roten Meere und in dem merkwürdigen Asphaltsee (Pechsee) auf der Insel Trinidad. Der Trinidad-Asphalt wird in gereinigtem Zustande insbesondere zur Herstellung von Goudron verwendet, indem ihm schwersiedende Öle aus den Rückständen der Petroleumraffinerie zugesetzt werden, wodurch er in weicheren Zustand gebracht wird. Dieses Produkt ist das im Handel vorkommende Goudron, wogegen natürliches Goudron (goudron mineral, Bergteer, ein dickes schwarzes Bergöl, aus dem sich bei gänzlicher Erhärtung schließlich der Asphalt bildet) weniger im Handel vorkommt.

Der Asphaltstein hat die Eigenschaft, daß er nach mechanischer Zerkleinerung bei Erhitzung auf ca. 130 Grad zu Pulver zerfällt, und dann ohne weitere Beimischung als Asphalt comprimé (Stampfasphalt) zur Herstellung von Straßenfahrbahnen verwendet werden kann, indem dieser Staub in erwärmtem oder kaltem Zustande gleichmäßig auf eine feste Unterlage (Beton) aufgetragen und mit Walzen oder Stößeln zusammengepreßt wird.

Die ausgedehnteste Anwendung aber findet der Asphaltstein zur Herstellung von Asphaltmastix, gewöhnlich nur Asphalt genannt, der das Rohmaterial zu den Asphaltarbeiten für Trottoir- und Kellerboden, zu Isolierungen u. dergl. bildet.

Asphaltmastix wird bereitet, indem man das Asphaltsteinpulver mit einem Zusatz von 5—7 Proz. reinem Bitumen (Asphalt, Bergteer, Goudron) bei einer Temperatur von 200 Grad R. schmilzt, während 6 Stunden zu einem gleichförmigen Brei verarbeitet und die Masse in besondere Formen — Brote, Asphaltmastixbrote — gießt und sie in dieser Form in den Handel bringt.

Asphaltmastix unterscheidet sich von dem Asphalt comprimé, daß er bei einem kleinen Zusatz von Bitumen leicht schmilzt und ohne Anwendung von Druck durch bloßes Erstarren der gegossenen Masse seine Festigkeit erhält.

Zur Herstellung der Gußasphaltmasse werden diese Mastixbrote mit einem weiteren Zusatz von 3—5 Proz. reinem Bitumen (Goudron) und etwa 50 Proz. reinem, sand- und lehmfreiem Kies von Erbsengröße in besonderen Kesseln unter beständigem Umrühren geschmolzen und zu einem gleichförmigen Brei verarbeitet.

Das Mischungsverhältnis zwischen Asphaltmastix, Goudron und Kies richtet sich nach dem Zweck, so daß zum Beispiel für Boden, die der Sonne, der Wärme und Beanspruchungen durch Stöße ausgesetzt sind, größere Härte verlangt wird, die durch weniger Zusatz von Goudron zu erreichen ist; soll dagegen die Schicht elastischer bleiben, so ist dies durch einen größeren Zusatz von Goudron zu erreichen. Soll beiden Anforderungen genügt werden, z. B. bei Altanen, Kegelbahnen u. dergl., so kann dies durch doppelte Lagen, eine untere weiche und darüber eine härtere Lage, geschehen.[1])

Asphaltestriche werden nicht vom Maurer, sondern von besonderen Asphalteuren hergestellt, die gewöhnlich auch die Unterlage fertigen, die unbeweglich und eben sein muß, und am besten aus einer 10—12 cm starken Cementbetonschicht aus 1 Teil Cement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies besteht. Wird die Unterlage aus Backsteinen hergestellt, so werden diese entweder flach oder besser hochkantig in Sand gesetzt und die möglichst engen Fugen gut mit Sand ausgefüllt.

Ist der Estrich nicht ringsum durch Mauern oder Wände begrenzt, so muß ein Abschluß an den freien Seiten durch besondere Rand- oder Bordsteine hergestellt werden. Diese bestehen am besten aus harten, behauenen Steinen, die etwa 12—15 cm breit, 27—36 cm hoch und so lang als möglich sind und die mit engen Fugen in Sand gesetzt werden. Die Oberfläche der Unterlage für den Asphaltguß muß genau um die Stärke des letzteren unter den Köpfen der Randsteine bleiben, damit nach Vollendung des Gusses alles eine Ebene bildet. Überhaupt muß man bei allen im Freien ausgeführten Asphaltestrichen sein Hauptaugenmerk darauf richten, daß kein Wasser zwischen den Asphalt und die Unterlage dringen kann, weil sonst, wenn dieses gefriert, der Asphalt gehoben wird, Sprünge und Beulen bekommt und dann sehr leicht zerbröckelt.

Ist die Unterlage und Einfassung fertig, so kann man zum Gießen des Asphalts schreiten, doch darf dies nur auf der vollkommen trockenen Unterlage geschehen. Denn ist noch Feuchtigkeit vorhanden, so wird diese von dem heißen Asphalt in Dampf verwandelt, der nicht entweichen kann und daher blasenförmige Höhlungen in dem Asphalt erzeugt, die sich durch das Klopfen nicht immer entfernen lassen und dann Veranlassung zum frühen Ruin des Estrichs geben.

Um eine gleichmäßige Stärke der aufzubringenden Asphaltschicht zu erreichen, werden dünne eiserne Schienen oder Richtscheite von 10—15 mm Höhe, beziehentlich von der Höhe der aufzubringenden Asphaltschicht in Entfernungen von höchstens 1 m voneinander aufgelegt. Zwischen diese Schienen wird dann die in einem Kessel geschmolzene heiße Masse auf die Bettung gegossen und die Fläche zwischen je zwei Richtscheiten geebnet.

Die Estrichschicht wird auch wohl, um sie körnig zu machen, mit gesiebtem Sande gleichmäßig überstreut. Um farbige Muster zu bilden, benutzt man zerstoßene Porzellankapselscherben, Smaltepulver u. dergl., welche wie der Sand mit hölzernen Schlägeln in die Masse eingeklopft werden.

1) Siehe S. 150 u. 151.

getrocknet wäre, worauf der Mörte
getragen, gehörig verteilt und mit
gleichmäßig verrieben wird. Bei gr
Richtscheit und Setzwage zu Hi
ebenen Boden zu erzielen und
des Überzuges in Streifen o
Breite, wobei auf eine sauber
zu sehen ist.

Man unterscheidet ge
Cementüberzug.

Das Glätten des
daß, sobald der auf
zu binden beginnt,
eisens so lange d
abschleift, bis sie
sich darstellt.
die Sandkörne
werden, wird
Anfeuchten … man diejenigen

Was … auer-, Wand- und
geglättet … Zweck haben. Dieser
Überzü… er die geputzte Fläche gegen
der … oder gegen Feuer u. s. w.
wäh… nur ein besseres Ansehen geben.
de… Der jedesmalige Hauptzweck bestimmt
d… nfertigungsart des Putzes.[1])

…ug auf Schutz gegen die Witterung müssen … äußeren und inneren Putz unterscheiden. …äußeren Putz dürfen nur solche Materialien genommen …rden, die an und für sich dem Wetter hinlänglich widerstehen. Ist Zierde der Hauptzweck des Putzes, so wird man solche Materialien zu wählen haben, die sich leicht zu einer möglichst vollkommenen Ebene bearbeiten lassen; und ist endlich Schutz gegen Feuer der Zweck des Putzes, so müssen ihrer Natur nach feuerbeständige Stoffe verwendet werden, die in der Hitze nicht von den geputzten Flächen abspringen. Für äußeren Putz finden die verschiedenen Kalkmörtel und Cemente, für inneren hauptsächlich der Gips- und gegen Feuer der Lehmmörtel Anwendung. Was die Arten der Anfertigung betrifft, so unterscheiden sich in dieser Beziehung namentlich die Fälle: ob die zu putzende Fläche ganz aus Stein, ganz aus Holz oder aus beiderlei Materialien besteht; doch bezieht sich der hier herrschende Unterschied eigentlich nur auf die Zubereitung der Holzflächen, denn wenn diese geschehen, so ist die Behandlung des zum Putz zu verwendenden Mörtels in allen Fällen dieselbe.

1) Siehe die interessanten Mitteilungen über „Verputz, seine künstlerische und technische Seite" in der Deutschen Bauzeitung 1903, Nr. 1 u. 2.

…tten.

Wenn der äußere Putz seinen Hauptzweck, die dahinter liegende Fläche zu schützen, erfüllt, so ist er ein sehr wesentlicher Teil des Bauwerks, und er verlangt daher auch mehr Sorgfalt, als ihm sehr oft zu teil wird. Die Erfahrung lehrt, daß der Putz an der sogenannten Wetterseite der Gebäude leichter beschädigt wird und leichter abfällt als an den übrigen Seiten, woraus folgt, daß man hier in Bezug auf die Güte des Materials und die Genauigkeit der Arbeit achtsamer sein sollte, als es gewöhnlich der Fall ist. Dasselbe gilt für hochgelegene Flächen an Türmen, Dachgiebeln u. s. w. Unhaltbar ist gewöhnlicher Putz an Sockeln von Gebäuden, wegen der von der Erde aufsteigenden Feuchtigkeit und wegen des Spritzwassers, sowie er auch dem Abstoßen sehr ausgesetzt ist. An Rauchrohren über den Dächern hält der Putz ebenfalls nicht, wegen der oft großen Verschiedenheit der Temperatur an der inneren und äußeren Fläche der ca. 12 cm starken Mauern. Ferner ist der Putz an Mauern, die gleich nach ihrer Aufführung von beiden Seiten mit demselben überzogen werden, nicht nur unhaltbar und kann daher die Mauern nicht schützen, sondern er trägt sogar zum Ruin der Mauern bei, weil er das Austrocknen derselben verhindert. Denn an der Oberfläche erhärtet der Putz sehr schnell und schließt dadurch die noch im Innern der Mauer befindliche Feuchtigkeit von der äußeren Luft ab, wodurch die Erhärtung des Mörtels der Mauer langsam vor sich geht und der Grund zur Erzeugung des so verderblichen Mauerfraßes gelegt wird. Es folgt hieraus, daß nur ausgetrocknete Mauern geputzt werden dürfen.

Die Jahreszeit, in der eine Putzarbeit ausgeführt wird, hat ebenfalls großen Einfluß auf seine Haltbarkeit. Zu früh im Frühjahr darf man nicht putzen, weil die Mauern die Winterfeuchtigkeit noch nicht verloren haben; im späten Herbst aber auch nicht, weil der Putz dann leicht vom Frost betroffen werden kann, bevor er erhärtet

ist. Es eignen sich daher die warmen Sommermonate am besten zur Vornahme dieser Arbeit, und nur in heizbaren Räumen kann man allenfalls, wenn die Zeit drängt, Putzarbeit im Winter vornehmen.

Soll der Putz haltbar sein, so darf er nicht zu dick angetragen werden, weil er sonst, wie die Erfahrung lehrt, leicht abfällt. Eine Stärke von 2—$2^1/_2$ cm dürfte als das Maximum anzusehen sein. Es ist daher nötig, alle Mauern, die geputzt werden sollen, genau flüchtig, d. h. möglichst eben aufzuführen, damit durch die Unebenheiten nicht ein zu dicker Putzantrag erforderlich wird. Auch müssen alle Mauern unmittelbar vor dem Putzen sorgfältig von allem Staube gereinigt und tüchtig angenäßt werden.

Man unterscheidet den Fugenbestich, den Rapputz (rauhe Arbeit, ganzen Bestich), den glatten Putz (glatte Arbeit) und den Spritzbewurf.

Der Fugenbestich kommt vor an den Außenseiten einfacher Gebäude, welche aus dauerhaften natürlichen Steinen ausgeführt sind, sowie im Innern von Lagerhäusern, Remisen u. s. f., wo gewöhnlicher Putz dem Abstoßen ausgesetzt wäre. Ferner wird der Fugenbestich bei Mauern aus sehr dichten Steinen, als Basalt, Muschelkalk u. s. f. angewendet, auf welchen der Putz nicht gut haftet.

Unter Fugenbestich wird das Ausstreichen der Steinfugen gewöhnlicher Bruchsteinmauern mit Mörtel verstanden, welchem man gerne dem Mauersteine ähnliche Farbe zusetzt, um der Mauer ein ruhiges, gleichfarbiges Aussehen zu verschaffen. Je regelmäßiger die Mauersteine sind, um so sauberer wird diese Arbeit hergestellt werden können. Das Ausstreichen oder Verkitten der Fugen von Schichtenmauerwerk oder Quadermauern nennt man das Ausfugen.

Der ganze Bestich, rauhe Bewurf, oder Rapputz kommt vor an Kniewänden, Giebeln und Kaminwandungen, in Speicherräumen, wo man auf Ebenheit und Glätte der Mauerflächen verzichtet und dem Mauerwerk nur einen schützenden Überzug zu geben beabsichtigt. Der rauhe Bewurf besteht im einmaligen Bewerfen der Mauerflächen mit Mörtel mittels der Kelle, mit welcher er notdürftig geebnet wird, so daß er rauh stehen bleibt. Um der geputzten Fläche ein etwas gleichmäßigeres Aussehen zu geben, pflegt man den mit der Kelle angetragenen Mörtel vor dem Erhärten mit einem stumpfen Reisbesen zu stupfen, wodurch die sogenannte gesteppte Arbeit entsteht.

Um Kellerräume möglichst hell herzustellen, wird auf den rauhen Bewurf, nachdem er abgetrocknet ist, wozu 4—5 Tage erforderlich sind, ein zweiter aufgetragen, welcher mit der Kelle geglättet und später geweißelt wird.

Der innere Putz wird in der Regel vor dem äußeren ausgeführt und wird mit dem Putz der Decken begonnen, worauf erst der Wandputz folgt.

§ 2.

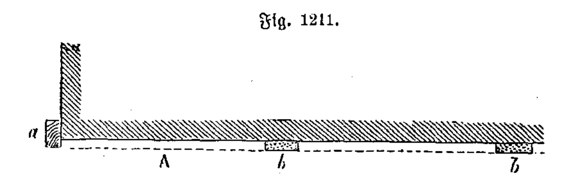
Der glatte Putz.

Der glatte Putz besteht aus mehreren Lagen, gewöhnlich aus drei, von welchen die letzte glatt gerieben wird. Er kommt sowohl im Innern von Gebäuden als auch an Fassaden vor. Soll eine Fläche glatt geputzt werden, so wird erst ein schwacher Anwurf gemacht, der rauh bleibt, und wenn derselbe soweit trocken ist, „angezogen" hat, daß er anfängt kleine Risse zu bekommen, so wird ein zweiter, auch zuweilen ein dritter, ganz schwacher und feiner Bewurf aufgebracht und nur der letzte glatt gerieben. Hierzu dienen Richtscheit und Reibebrett. Das letztere wird am besten aus Weißbuchenholz gefertigt, hat beinahe die Gestalt eines Bügeleisens, und ist in verschiedenen Größen, zu ein oder zwei Händen gebräuchlich. Zur Darstellung ganz fein „gescheibter" Flächen wird die Unterseite des kleinen Reibebrettes mit weißem Filz benagelt, besonders wenn Gips das Material des Putzes bildet. Um eine ebene Fläche zu putzen, werden der Höhe der Fläche nach und in horizontalen Entfernungen von 1—1,2 m sogenannte Lehren, d. h. 15 cm breite Streifen mit Hilfe von Richtscheit und Bleilot aus freier Hand geputzt, so daß die Oberflächen dieser Lehren in der darzustellenden Ebene liegen. Hierauf werden die Zwischenfelder ebenfalls beworfen, und dadurch, daß man ein Richtscheit immer auf zweien der Lehren fortführt, mit diesen in eine Ebene gebracht; schließlich wird alles mit dem kleinen Reibebrette unter stetiger Kontrolle des Richtscheits glatt gerieben. Bei dieser Operation, die immer erst vorgenommen werden darf, wenn der Bewurf anfängt kleine Risse zu bekommen, ist es eine Hauptsache, nicht mehr als durchaus nötig zu reiben und den Bewurf dabei fortwährend mit einem Pinsel und Wasser zu nässen, so daß der Arbeiter in einer Hand das Reibebrett und in der anderen den Pinsel (Quast) führt. Durch zu vieles Reiben trocknet der Putz, besonders bei heißem Wetter, zu schnell und löst sich an der Hinterseite ab, so daß er bald abfällt. Dasselbe tritt ein, wenn das Annässen während des Reibens vernachlässigt wird. Ein zu lange oder zu trocken geriebener Putz heißt tot gerieben.

Soll eine freistehende scharfe Kante geputzt werden, so kann man dabei auf folgende Weise verfahren. Man befestigt an der Fläche, welche mit der gerade in Arbeit begriffenen die Kante bildet, eine gerade gehobelte Latte a,

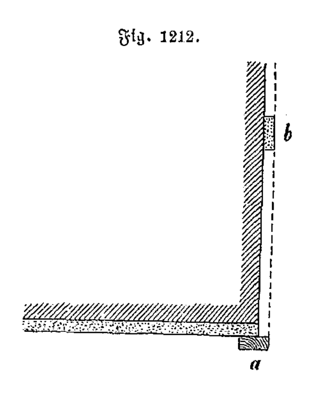
Fig. 1211, mit kleinen Mauerhaken dergestalt, daß die gerade Kante derselben mit den Oberflächen der Lehren b b in einer Ebene liegt, wie dies Fig. 1211 in einem auf die Kante rechtwinkligen Querschnitt darstellt. Hierauf

Fig. 1211.



wird der Raum A geputzt, indem das Richtscheit auf der Lehre b und der Latte a geführt wird. Ist dies geschehen, so wird die Latte a entfernt, bevor der Putz zu trocken wird, dann, wie Fig. 1212 zeigt, auf der nun geputzten Fläche wieder so befestigt, daß die gerade Kante mit den Lehren der zweiten, jetzt in Arbeit zu nehmenden Fläche

Fig. 1212.



in eine Ebene fällt, und wie vorhin verfahren, so daß nach abermaliger Fortnahme der Latte die gewünschte Ecke entsteht. Daß diese jeden beliebigen Kantenwinkel einschließen kann, leuchtet ein, indem es nur nötig wird, die Latte danach hobeln zu lassen. Es ist aber erforderlich, daß die zweite Seite geputzt wird, bevor die erste trocken wird, weil sonst keine Verbindung des Putzmaterials eintritt.

Schwieriger wird die Herstellung des Putzes gekrümmter Mauerflächen, wie dergleichen häufig genug vorkommen. Auch hier führt das Putzen einzelner Lehren (wenigstens bei Cylinderflächen) am einfachsten zum Ziel, und die Zwischenfelder werden dann mittels einer nach dem Krümmungshalbmesser der Rundung ausgeschnittenen Schablone möglichst glatt aufgezogen und mit entsprechend gekrümmten Reibebrettern abgerieben. Ähnlich ist das Verfahren, wenn die gekrümmte Fläche — wie diejenige von halbkreisförmigen Wandnischen — eine konkave (hohle) ist. Man putzt dann je eine schmale Lehre an der Kante der Nische und zieht den cylindrischen Teil mittels einer genauen Bogenschablone auf. Bei größerem Krümmungshalbmesser müssen mehrere schmale Lehren aufgezogen und die Zwischenfelder wie vorher behandelt werden.

Gemauerte Säulenschäfte kommen ebensowohl im Innern der Gebäude als an den Fronten der im Putzbau auszuführenden Gebäude vor und werden dann entweder mit einem Mantel von Gips umkleidet, oder — was bei freistehenden, der Witterung ausgesetzten Stützen vorzuziehen ist — vom Maurer in Kalkmörtel oder in Cementmörtel gezogen. Da die Säulen nicht nur eine Verjüngung nach oben hin, sondern auch eine Schwellung erhalten, und meistens auch mit Kanneluren versehen werden, so ist die Säule in natürlicher Größe aufzuzeichnen, so daß danach vom Tischler die Schwellungsschablone a a′, Fig. 1214, und die Lehren für den oberen und unteren Säulenquerschnitt, Fig. 1213, in Holz ausgeschnitten werden können. Der Putzer fertigt nun zunächst mit Hilfe der halbkreisförmigen Holzlehren, Fig. 1213, eine obere Putzlehre b′ und eine untere b über dem Säulenfuße und sobald diese glatt hergestellt sind, kann der zwischenliegende Säulenstamm ebenfalls mit einem Mörtelbewurf versehen werden, nachdem die Steine vorher genügend genäßt worden sind. — Hierauf wird die Schwellungsschablone a a′ in Wasser getaucht und auf den Putzlehren b und b′ derart entlang geführt, daß ihre Vorderkante a a′ immer lotrecht und sie selbst stets nach dem Mittelpunkt der Säule gerichtet bleibt. Das Anwerfen des Mörtels und das Ziehen mit der Schwellungsschablone wird so lange wiederholt, bis die Rundung des Säulenschaftes korrekt und glatt erscheint. Sobald der Mörtel gebunden hat, kann man einen letzten Anwurf mit etwas dünnerem und feinerem Mörtel auftragen, um damit die letzten Unebenheiten auszugleichen.

Fig. 1213.

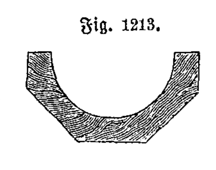
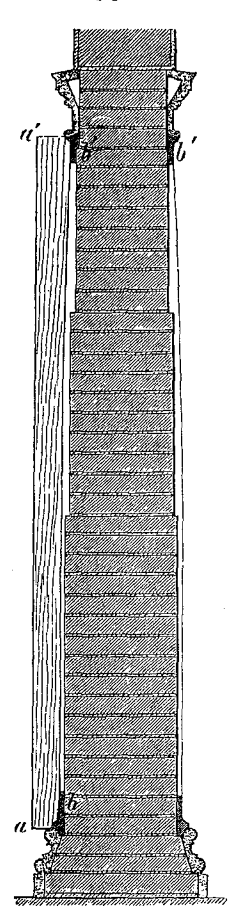


Fig. 1214.



Erhält die Säule Kannelierungen, so müssen diese oberhalb und unterhalb am Säulenschafte mit einer Lehre aus dem frischen Mörtel ausgekratzt, dann sorgfältig auf-

geschnürt, lediglich aus freier Hand mit dem Hohleisen ausgeschnitten und die Kanäle mit einem halbrunden Reibebrett ausgestoßen werden.[1])

Bei Umdrehungsflächen können häufig auch Schablonen beweglich um die Drehachse befestigt werden, was insbesondere bei konkaven Flächen leicht möglich, weil hier die Drehachse in der Regel frei und leicht zugänglich ist. Hierbei sind aber immer nach der Gestalt der zu putzenden Fläche gekrümmte Reibebretter nötig.

Rauhigkeit oder Glätte dieses Putzes sind abhängig von der Korngröße des Sandes, welcher dem Kalk zugesetzt wird, weshalb man gewöhnlich zur letzten Lage, die mit dem Reibebrett abgerieben und geglättet wird, ganz feinen Sand, Silbersand, dem Kalk zusetzt. Weit glatter, dichter und schöner als der gewöhnliche Kalkmörtelputz ist der Gipsputz, weshalb er schon längst ungeachtet seiner Mehrkosten ausgedehnte Verwendung findet, während man ihn in anderen Ländern, insbesondere in Frankreich und in Südwestdeutschland, fast ausschließlich zum Putz der inneren Räume verwendet. Der Gipsputz kann weit schneller hergestellt werden als der Kalkputz, indem die in Angriff genommene Fläche sofort vollendet werden kann, während man bei letzterem das Abtrocknen der einzelnen Lagen abzuwarten hat, bevor eine neue Lage aufgebracht werden darf. Ein weiterer Vorzug des Gipsputzes liegt im raschen Trocknen, sowie darin, daß es, wenn die Wände tapeziert werden sollen, genügt, sie mit verdünntem Leim zu überstreichen, während die mehr rauhen Kalkmörtelwände zuerst mit Unterpapier beklebt werden müssen, auf welches sodann die Tapete gebracht wird, wogegen sie auf der Gipsfläche direkt aufgeklebt werden kann.

Gegenüber dem rauhen Putz gewährt der glatte den Vorteil, daß sich auf ihm nicht so leicht der Staub ansetzen und daß das Wasser leicht abfließen kann, dagegen lehrt die Erfahrung, daß der rauhe Putz im Freien von größerer Dauer ist.

§ 3.
Putz auf massivem Mauerwerk.

Mauern aus natürlichen Steinen werden gewöhnlich nur dann geputzt, wenn sie aus rauhen Steinen bestehen. Bei Schichtengemäuer oder Quadermauern, wo die Steine sorgfältig bearbeitet sind, bleibt der Putz weg und es werden, wie bereits erwähnt wurde, bloß die Fugen verkittet oder ausgefugt. Was das Putzmaterial anbetrifft, so kann ein jedes auf Mauern aus natürlichen Steinen verwendet werden, wenn man nur die Wahl nach dem jedesmaligen Zweck und dem Umstande gemäß vornimmt, ob die Fläche eine innere oder äußere ist. Gewöhnlich sind es die verschiedenen Kalkmörtel und Cemente, die zur Anwendung kommen, und für diese gelten in Bezug auf die Zubereitung der Mauerfläche dieselben Regeln.

Der Putz haftet an der glatten Oberfläche der Steine sehr schlecht und erhält seinen Halt hauptsächlich dadurch, daß er in die Fugen eindringt. Hieraus folgt, daß die Steine möglichst rauh gelassen werden müssen und die Fugen sich nicht in zu großen Entfernungen finden dürfen, zugleich auch so beschaffen sein sollen, daß der mit der Kelle scharf angeworfene Putz in dieselben eindringen kann. Sind daher die Fugen nicht gleich beim Mauern auf etwa 3 cm von der zu putzenden Fläche offen gelassen — welches Verfahren man das Mauern mit offenen Fugen nennt, das aber bei unregelmäßigen Bruchsteinen nicht wohl auszuführen ist —, so müssen die Fugen mit einem scharfen Instrument, so gut es sich thun läßt, aufgekratzt und die Mauer dann mit einem stumpfen Besen gut gereinigt werden. Poröse Kalksteine halten auch bei großen Stirnflächen den Putz gut, weniger schon Muschelkalk und Sandstein, fast gar nicht Granit und überhaupt Steine von sehr glatter fester Oberfläche. In solchen Fällen thut man besser, die Mauer gar nicht zu putzen, da der Putz keinen Schutz gewähren kann, sondern nur zu fugen, wovon weiter unten.

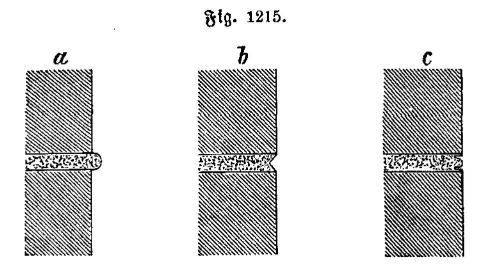
Daß die Mauern nicht früher geputzt werden dürfen, als bis sie ausgetrocknet sind, haben wir schon angeführt, und wir fügen nur noch hinzu, daß auch das Setzen der Mauern, das bei unregelmäßigen Bruchsteinen und hohen Mauern bedeutend sein kann, durchaus aufgehört haben muß, wenn der Putz halten soll. Oft kommt es vor, daß bereits geputzt gewesene Mauerflächen, von denen der Putz abgefallen ist, von neuem geputzt werden sollen. Dann hat man den alten Putz an den Grenzen der beschädigten Stelle, soweit er dem Maurerhammer nachgiebt, abzuhauen und die entblößte Mauer mit dem scharfen Hammer oder mit der Zweispitze nicht nur rauh zu picken, sondern vollkommen zu überarbeiten, oder wie es in der technischen Sprache heißt, wund zu arbeiten, weil sonst der neu aufzubringende Putz nicht hält. Die lästigen und häufig wiederkehrenden Ausbesserungen der Putzarbeiten haben ihren Grund darin, daß das eben Gesagte nicht beobachtet wird. Je ebener die Mauer ist, und je größer und glatter die Steine sind, um so dünner muß der Putz aufgetragen werden, da der ganz dünne Putz am dauerhaftesten ist. Wo man das gute Haften des Putzes an der Mauer bezweifeln muß, ist es vorzuziehen, keinen glatten, sondern einen Rapputz anzubringen.

In manchen Fällen hat man alle Sorgfalt darauf zu verwenden, daß in die Fugen einer Mauer kein Wasser

1) Siehe Scholtz, Fachschule des Maurers, Leipzig 1887, S. 353.

eindringt, und doch kann man die Mauer des Materials wegen, woraus sie besteht (Quadern), oder um des eigentümlichen Zwecks der Mauer willen (Quaimauern u. s. w.) nicht putzen; alsdann wendet man das „Fugen" (Banden) an. Soll dies geschehen, so muß der Mörtel aus den Fugen mit einem spitzen und scharfen Eisen bis wenigstens auf 3 cm Tiefe entfernt, die Fugen gut von Staub gereinigt und förmlich ausgewaschen, hierauf der bessere und mit größter Sorgfalt bereitete, meistens mehr oder weniger hydraulische Mörtel mit kleinen passenden Kellen eingestrichen und zuletzt mit einem eigens geformten Fugeisen so lange bearbeitet werden, bis er ganz poliert erscheint. Diese Fugeisen sind gewöhnlich als Hohleisen gestaltet und werden so gehandhabt, daß die fertigen Fugen in Form von flachen Rundstäben vor die Fläche der Mauer vortreten, Fig. 1215 a. Diese Form hat aber den Nachteil, daß die Fugen leichter beschädigt werden

Fig. 1215.



können, und außerdem geben sie den Mauern ein weniger geordnetes und regelmäßiges Aussehen. Deshalb ist es vorteilhafter, sie so zu bearbeiten, daß sie einen einspringenden, am besten rechten Winkel bilden, Fig. 1215 b. Auch die in Fig. 1215 c gezeichnete Form hat sich bewährt.

Bei gefugtem Mauerwerk aus Backsteinen hängt das gute Aussehen sehr von der Farbe des angewendeten Mörtels ab. Durch einen mit der Farbe der Ziegel harmonierenden Ton kann man die Mauerflächen beleben, im anderen Fall dieselben stumpf und tot erscheinen lassen.[1])

Am einfachsten erhält man diese Färbung, wenn man dem Mörtel statt des Sandes gesiebtes Ziegelmehl in kleinerer oder größerer Menge zusetzt, wodurch man zugleich, wenn das Ziegelmehl von recht hart gebrannten Steinen gewonnen wird, eine Art hydraulischen Mörtel erhält, der dem Wetter besser widersteht als gewöhnlicher aus Kalk und Sand gemengter, sogenannter Luftmörtel.

Auf gebrannten Steinen (Backsteinen) kann man jedes Material zum Putz verwenden und Backsteinmauern sind gerade für Putzarbeiten recht geeignet. Soll der Putz sicher haften, so muß mit offenen Fugen gemauert, oder es müssen die Fugen vor dem Putzen ausgekratzt werden. Da letzteres indessen zeitraubend ist und selten gewissenhaft ausgeführt wird, so ist das erste Verfahren vorzuziehen. Man hat dabei namentlich solche Steine auszuschließen, die salpeterhaltig sind, denn an diesen haftet der Putz nicht, und ebensowenig an verglasten Steinen. Kommen alte, durch den Abbruch gewonnene Backsteine zur Verwendung, so muß man sich hüten, solche Steine, die früher in Rauchrohrwandungen vermauert waren, in zu putzenden Flächen zu verwenden, denn sie verursachen die sogenannten Rostflecken, die zu vertilgen nur selten anders gelingt, als daß man die Steine aus der Mauer herausspitzt. Ein sorgfältiges Reinigen von Staub und ein tüchtiges Annässen ist bei den immer viel Wasser einsaugenden Backsteinen eine unerläßliche Bedingung, wenn man guten haltbaren Putz herstellen will.

Der Spritz- oder Besenbewurf sei hier ebenfalls noch aufgeführt. Wenn mit Kalkmörtel die Wände eben geputzt und rauh abgerieben sind, wird ein ganz dünner Kalkmörtel von feinem Kiessande, Kalk und der Farbe, welche verwendet werden soll, bereitet. Mit diesem Mörtel wird die glatt geputzte Fläche in der Art beworfen, daß man mit einem stumpfen Besen in den dünnflüssigen gefärbten Mörtel taucht und dann denselben so gegen ein Holz, das in der linken Hand gehalten wird, anklopft, daß das Anhängsel des Besens gegen die Wand spritzt. In dieser Weise spritzt man in regelmäßigem Fortschreiten auf der Wandfläche so, daß ein gleichmäßiger Spritzbewurf erzielt wird. Derselbe findet zum Putz der Fassaden häufige Anwendung, weil er sehr dauerhaft ist.

Eine besondere Art des Putzes bildet „Terranova" von Kapferer & Schleuning in München, welches Material in den letzten Jahren vielseitige Verwendung fand, und sich bei richtiger Ausführung gut bewährt hat. Terranova ist eine Art hydraulischer Mörtel, in der Masse in Sandstein- und Ziegeltönen gefärbt, so daß ein nachträglicher Anstrich nicht aufgebracht wird. Die Terranova wird in 7 Farbtönen geliefert, und es ist möglich, durch Vermischen der einzelnen Sorten auch andere Farbtöne herzustellen.

§ 4.

Putz auf Riegelwänden und Holz überhaupt.

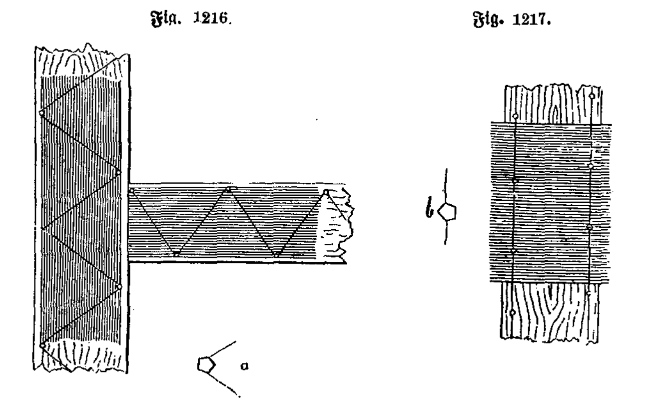
Soll eine Fläche, die zum Teil aus Mauerwerk, zum Teil aus Holz besteht, mit einem Abputz versehen werden, so bedarf das Holz erst einer besonderen Vorbereitung, damit der Putz daran haftet, während das Mauerwerk nach den Regeln der vorigen Paragraphen geputzt werden kann. Die Zubereitungen des Holzes sind verschieden; zum Teil schon danach, ob das Holzwerk nur in schmalen Streifen vorkommt, oder ob die ganze Fläche aus Holz besteht. Die einfachste, aber auch schlechteste Zubereitung

1) Siehe auch S. 30.

besteht in dem sogenannten Auf- oder Rauhpicken (Schuppen) des Holzes. Man haut nämlich mit einem scharfen Maurerhammer, besser mit einer Queraxt, Löcher in das Holz, so daß die Späne an dem Holze sitzen bleiben und nur von der Fläche abgebogen erscheinen. Hierbei muß man bei geneigten Flächen von oben nach unten hauen, so daß die Späne an ihrem unteren Ende an dem Holze haften. Nun wird der Putz, gleichviel aus welchem Material er besteht, gegen die rauh gemachte Fläche geworfen und man erwartet von diesen Rauhigkeiten das Festhalten des Putzes. Dieser muß möglichst dünn, höchstens $1\frac{1}{2}$ cm stark, aufgetragen werden, weil er sonst zu schwer wird, und schon aus diesem Grunde nicht hält. Für äußere Flächen ist diese Methode nicht anwendbar und auch für innere Räume gewährt sie wenig Dauer, obgleich sie in diesem Fall noch häufig angewendet wird, wenn die zu putzende Fläche nicht ganz aus Holz besteht.

Eine bessere Verfahrungsart ist das Rohren des Holzwerks, wonach ein solcher Putz auch Rohrputz genannt wird. Man befestigt mittels übergespannten und durch Rohrnägel festgehaltenen Drahts 9—12 mm starke Rohrstengel parallel miteinander in Zwischenräumen, etwa ihrer Dicke gleich, an dem Holzwerk. Diese Zwischenräume sind wegen der runden Gestalt des Rohrs hinten weiter als vorn, und wenn der scharf eingeworfene Putzmörtel in dieselben eindringt und trocknet, so wird er auf diese Weise festgehalten. Bei dem Befestigen des Rohrs müssen die Stamm- und Wipfelenden der Rohrstengel, bezüglich ihrer Lage gegeneinander, abwechseln. Sind ganze Holzflächen zu berohren, so werden die Rohrstengel oder besser die fabrikmäßig hergestellten einfachen Rohrmatten so gelegt, daß ihre Längen die Fugen des Holzwerks senkrecht kreuzen,

Fig. 1216. Fig. 1217.

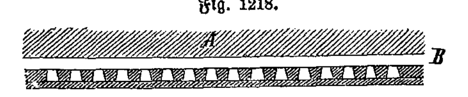


um die Bewegungen des Holzes beim Schwinden desselben, dem Rohre und dem daran haftenden Putz nicht mitzuteilen. Die Befestigung des Rohrs geschieht mit Eisendraht und Rohrnägeln (die zum Schutz gegen Zerstörung verzinkt sein müssen), und zwar so, daß man die Drahtzüge in Entfernungen von 12—15 cm, entweder im Zickzack, Fig. 1216, oder parallel und dann rechtwinklig zur Lage der Rohrhalme zieht und durch Nägel in 12 cm Entfernung festnagelt, Fig. 1217. Letzteres geschieht dadurch, daß man die mit breiten Köpfen versehenen Nägel nach Fig. 1216a in die Ecken des Zickzacks, oder bei parallelen Zügen, nach Fig. 1217b, mit dem Schaft dicht an den Draht setzt, so daß der Nagelkopf den Draht überfaßt und festhält. Die Nägel sollen nicht weiter als 12—15 cm voneinander entfernt sein, so daß bei einem Zickzackbezug oft auch in der Mitte zwischen zwei Winkelspitzen ein Nagel geschlagen werden muß.

Bei Decken werden die einfachen, oder besser die Doppelrohrmatten auf Dachlatten befestigt, die in ca. 0,25 m Entfernung querlaufend an den Deckenbalken angebracht sind, oder es werden auch wohl zwei sich rechtwinklig kreuzende Lagen von Rohr übereinander angebracht, deren jede für sich befestigt wird.

Zur Herstellung des Putzes an Holz und Holzwänden werden diese in neuerer Zeit vielfach mit verzinkten Drahtgeflechten, oder mit sogenannten „Drahtziegeln" — Drahtnetz mit an den Kreuzungspunkten aufgepreßten kleinen gebrannten Thonkörperchen — überzogen, die mit verzinkten Nägeln befestigt werden und dem Putze einen ausgezeichneten Halt bieten, oder das Holzwerk wird mit sogenannten Gipserlättchen — kleinen 12 × 16 mm starken konisch geschnittenen Lättchen, Fig. 1218 — auf Latten

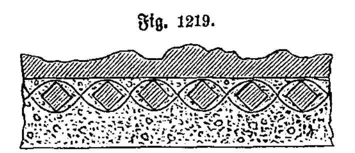
Fig. 1218.



in ca. 25 cm Entfernung verkleidet und der Putz auf diese aufgebracht. Der Mörtel muß die Zwischenräume füllen und auf der Rückseite die Lättchen umschließen, wodurch der Putz völligen Halt gewinnt.

Drahtnetze, Drahtziegel und Gipserlättchen, oder an deren Stelle fabrikmäßig hergestellte Lättchengewebe mit entsprechend gestalteten Querschnitten, Fig. 1219, finden

Fig. 1219.



in derselben Weise Anwendung zur Herstellung des Deckenputzes bei massiven und bei Balkendecken; siehe auch II. Bd. dieses Handbuches, Seite 83—92.

Wände oder Decken, die verschalt werden, geben oft durch das Werfen des Holzes Veranlassung, daß der Putz Sprünge bekommt oder gar teilweise abfällt. Deshalb müssen die Schalbretter gespalten werden, so daß sie

Streifen von höchstens 12 cm Breite bilden; oder man wendet, was noch besser ist, statt der Bretter schwache Latten an, die in einer Entfernung von 2 cm an die Balken u. s. w. genagelt werden.

Bei allen verputzten Holzwänden müssen die darin befindlichen Fenster- und Thüröffnungen mit Einfassungen versehen werden, gegen welche der Putz anstößt, und die also so dick sein müssen, daß sie mit der Oberfläche des Putzes in eine Ebene fallen oder noch etwas vorstehen. Die Einfassungen werden von Holz gemacht und mit Ölfarbe passend angestrichen.

§ 5.

Die Stuccaturarbeiten.

Diese Arbeiten haben ihren Namen von dem aus Alabaster gebrannten Gips, welcher in Italien Stucco heißt, und zum Überziehen von Decken und Wandflächen verwendet wird. Ferner werden auch Arbeiten, zu welchen Mörtel von verschiedener Zusammensetzung, Gemenge von Kalk, Gips, Marmorstaub, Basaltklein, Steinkohlenstaub, Eisenfeilspänen u. s. f. zur Anwendung kommt, Stuccaturarbeiten genannt. Dahin gehören die feineren Putzarbeiten zur Herstellung ganz glatter, sogar polierter Flächen, sowie die Anfertigung von Gesimsen, Ornamenten[1]) u. s. f. aus Gips oder anderen Materialien.

Da der gewöhnliche Kalkputz beim Trocknen durch das Zusammenziehen der Mörtelmasse feine Risse und Sprünge erhält, da er sich nicht schön polieren läßt wegen des verschiedenen Härtegrades von Sand und Kalk, da ferner sein Ansehen ein unschönes ist, weshalb er meistenteils mit Tapeten gedeckt wird, so hat man andere Stoffe anzuwenden gesucht, um zum Ziele zu gelangen, unter welchen der Gips obenan steht. Durch reinen Gipsmörtel erhält man einen feinen glatten Wandüberzug, weshalb derselbe auch zum Glätten und Abreiben des gewöhnlichen Kalkputzes verwendet wird.

§ 6.

Der Stuckmarmor.

Massive Wände, die mit Stuckmarmor überzogen werden sollen, müssen ganz roh, ohne allen Kalkputz sein, da letzterer mit dem aufzubringenden Gips keine Verbindung eingeht. Die Fugen der gebrannten oder der Bruchsteine müssen sorgfältig aufgehauen und von allen Kalkteilen gereinigt werden. Die Backsteine dürfen durchaus keinen Salpeter enthalten, weil derselbe „ausschlägt" und Flecken im Stuckmarmor verursacht, die schwer wegzubringen sind. Stark gebrannte und auch Chamottesteine sind zu solchen Mauern am geeignetsten.

Zuerst wird an der von Kalk gereinigten Mauer der Grundputz aufgetragen. Derselbe besteht zur Hälfte aus Gips und zur Hälfte aus scharfem Sande, der mit schwachem Leimwasser angerührt ist. Dieses wird aus 250 g Leim auf 80—100 l Wasser hergestellt. Der Grundputz wird in einer Dicke von 12—15 mm wie der gewöhnliche Putz aufgetragen, doch muß die Oberfläche desselben möglichst rauh bleiben, damit der darauf zu tragende Stuckmarmor gehörig hafte und dadurch größere Festigkeit erhalte. Ist der Grundputz völlig ausgetrocknet, so wird der Stuckmarmor aufgetragen, wobei jedoch die zu bedeckende Stelle vorher immer gut angenäßt werden muß. Sollen Fachwerkswände mit Stuckmarmor bekleidet werden, so müssen die Stiele und Riegel derselben doppelt gerohrt werden, oder die ganze Wand wird mit sehr dünnen Latten in horizontaler Richtung benagelt. Diese Latten, von etwa $1/2$ cm Breite, lassen alsdann Zwischenräume von $1\frac{1}{2}$ cm, höchstens $2\frac{1}{2}$ cm. Die Nagelköpfe werden durch einen Anstrich von Teer, Pech oder von Leinöl, das auch mit etwas Farbe gemischt sein kann, vor dem Rosten geschützt, da sonst der Stuckmarmor leicht durch Rostflecken verunreinigt werden könnte.

Das praktische Verfahren bei Anfertigung des Stuckmarmors besteht nun in folgendem: Man macht den reingesiebten Gips mit Leimwasser an und arbeitet ihn mit einer kleinen Kelle, die der Maurerkelle sehr ähnlich ist, zu einem Teige. Diesem Teige setzt man gut mit Wasser angeriebene Farben zu, und verarbeitet die Masse von neuem mit der Kelle, bis sie durchweg gleichmäßig gefärbt erscheint. Das giebt nun den Grundton des nachzuahmenden Marmors. Um von diesem Grundtone mehrere Nuancen zu erhalten, giebt man demselben mehrere Abstufungen und Nebentöne, indem man einem Teile des gefärbten Teiges Farbe hinzusetzt und diesen aufs neue durcharbeitet. Aus jeder dieser nach Abstufungen gemischten Massen macht man einen Kloß, und durchknetet solche so lange, bis sie eine gewisse Konsistenz erhalten haben. Nach diesen Vorbereitungen werden die mit der Grundfarbe versehenen größeren Klöße zerrissen und in bunter Unordnung aneinander gereiht. Darauf übergießt oder bespritzt man die Klöße mittels der erwähnten Kelle mit der sogenannten Sauce, welche die Adern bildet. Die Sauce besteht aus Leimwasser, Gips und Farbe. Hierauf werden wiederum Klöße oder Kugeln hergestellt, diese abermals mit derselben Sauce, oder, wenn verschiedenartige Adern vorkommen sollen, mit einer aus anderen Farben gemischten Sauce übergossen, und nun das Ganze zu einer

[1]) Über die Herstellung der Formen aus Gips oder Leim, welche von den aus Thon oder Wachs modellierten Ornamenten abgenommen werden, zum Zwecke der Vervielfältigung derselben, verweisen wir auf den „Tüncher, Stubenmaler, Stuccator und Gipser von F. Fink, Leipzig 1866".

Wurst zusammengerollt, diese mit einem Messer in Scheiben geschnitten, selbige in Wasser eingetaucht und dann auf den vorher stark angenäßten Grundputz angelegt und mit der Kelle gut festgestrichen. Das Überstreichen mit einer angenäßten Kelle muß noch einigemal hintereinander geschehen, wodurch sich die einzeln angelegten Marmorscheiben besser aneinander schließen und dann eine zusammenhängende Masse bilden. Beim Anfertigen des Granits und Porphyrs werden die verschieden gefärbten Klöße in Scheiben geschnitten und getrocknet, alsdann in Stückchen zerklopft und in die Masse, die den Grundton bildet, eingemengt.

Schleifen und Polieren des Stuckmarmors. Sobald die belegte Fläche vollständig gebunden und erhärtet ist, wird sie mit einem Hobel von den stärksten Unebenheiten befreit; dies geschieht am bequemsten, indem man zuerst sogenannte Lehren hobelt und nach diesen die übrigen Flächen abarbeitet. Nach dem Hobeln kann man sogleich mit einem großen Sandstein mit ebener Grundfläche schleifen (rauh schleifen), welches so lange fortgesetzt werden muß, bis alles vollkommen gleichmäßig und eben ist und sich keine Risse (Matzen) mehr vorfinden.

Nun läßt man den Marmor vollkommen austrocknen, was in einigen Tagen geschieht, und schreitet dann zum Kräzschleifen mittels eines groben Grünsteins, wodurch die vom Sandstein zurückgelassenen Risse fortgeschafft werden. Eine Stunde nachher kann man den Marmor spachteln, d. h. die Fläche von allem darauf befindlichen Schliff reinigen, die darin befindlichen Löcher und Poren mit einem spitzen Messer sorgfältig ausstechen und reinigen, und dann mit einer Masse aus dünnem Gipsteich mit sehr schwachem Leimwasser und der Farbe des Grundtons überpinseln und ausfüllen. Nachdem diese Masse etwas gebunden hat, zieht man die Fläche mit einem schmalen Brettchen von Buchenholz, welches an einer Seite in einer scharfen Kante endigt, rein ab. Dies Verfahren wendet man zwei- bis dreimal hintereinander an, bis sich keine Poren mehr zeigen. Hierauf wird der Stuck verdünnt und von neuem mit dem Pinsel aufgetragen. Dieser Antrag wird nun, nachdem er gehörig trocken ist, mit dem erwähnten Kräzstein abgezogen, dann wieder zweimal gespachtelt und abgezogen, und nachdem der dritte Überzug, welcher wie vorhin aus verdünntem Stuck besteht, getrocknet ist, wird derselbe mit einem etwas feineren Grünstein abgeschliffen. Bei den nun folgenden Überzügen bedient man sich zum Abschleifen derselben noch eines feineren Steins (Zieher genannt) und nach dem letzten Überzuge, welcher nun folgt und der aus Weißstuck besteht, und einmal abgezogen und dann mit Wasser, worunter einige Tropfen Leim und ein wenig Gips gemengt sind, überstrichen wird, kann man zum Abschleifen entweder denselben Stein oder noch feinere anwenden. Letztere sind, wie sich von selbst versteht, besser und vermehren den Glanz der Politur nach Verhältnis ihrer Feinheit. Nach diesem Abschleifen folgt das Polieren. Man bedient sich dazu eines härteren Steins oder des sogenannten ersten Polierers, mit dem man zweimal nach der angegebenen Weise operiert. Ein einmaliges Polieren mit einem Blutsteine macht den Beschluß, wodurch der vollkommenste Glanz hergestellt sein muß.

Nachträglich muß noch bemerkt werden, daß bei dem jedesmaligen Schleifen die Fläche fortwährend mit einem Schwamme benetzt und von dem abgeschliffenen Stuck gereinigt werden muß. Man muß sich bei dem Schleifen mit den Steinen in acht nehmen, nur den überstrichenen Stuck vom Marmor abzuschleifen; denn hat man diese Kruste durchgeschliffen, so muß aufs neue ein Stucküberzug gemacht und dadurch die Arbeit des Polierens wiederholt werden.

Die dunkeln Marmorarten werden, um sie noch greller zu erhalten, nachdem man mit der Steinpolitur aufgehört hat, mit Leinöl mittels eines Läppchens tüchtig getränkt; ist das Leinöl eingetrocknet, was in ein paar Stunden geschieht, so wischt man den Marmor mit einem leinenen Läppchen rein ab, überstreicht ihn mit Terpentinöl, worin etwas gelbes, oder besser weißes Wachs aufgelöst ist, und reibt ihn tüchtig mit einem trockenen wollenen oder auch seidenen Lappen.

Dies Verfahren kann man zweimal wiederholen, wodurch auch noch manche Unreinigkeiten von dem Marmor genommen werden.

Den weißen Marmor pflegt man nach dem Polieren nur mit Terpentin, in dem etwas weißes Wachs aufgelöst ist, zu überstreichen und mit Lappen nachzureiben, ohne ihn vorher mit Leinöl zu tränken, weil dieses den Marmor gelb färben würde. Werden Säulen, Nischen, Gesimse, Vasen u. s. w. mit Stuckmarmor bekleidet, so muß man sowohl die Spachtelhölzer als auch die Steine nach den Profilierungen der Gegenstände zurichten.

An schwierigen Stellen sucht man die Politur statt mit Steinen mit Schachtelhalm zu bewirken; das Verfahren bleibt dem mit den Steinen gleich. Die Schachtelhalme, die in ein Bündel zusammengedreht werden, muß man aber vor dem Gebrauche erst in Wasser einweichen und dann auf einem Brette etwas weich reiben. Die Härte der Poliersteine probiert man, indem man sie mit den Zähnen ritzt. Der letzte Polierer darf sich nicht mehr ritzen lassen.

Farben zum Stuckmarmor sind:

Schwarz: Frankfurter Schwarz. Will man die Farbe sehr intensiv haben, so setzt man etwas Indigo hinzu.

Rot: Wiener Lack, Englisch Rot, gebrannter Ocker, Zinnober, Kupferrot.

Gelb: Gelber Ocker, Chromgelb (hell und dunkel), Schüttgelb.

Blau: Indigo, Bergblau, Wiesbacher Blau, Smalte-Blau.

Braun: Kasseler Braun oder Umbra.

Dunkelgrün besteht aus grüner Erde, gelbem Ocker, Indigo und Schwarz.

Es folgt hier nun noch die Zusammensetzung einiger Stuckmarmorarten:

Hellgrüner Marmor: Der Grundton aus Bergblau und Chromgelb gemischt, die Adern aus Chromgelb und Wiener Lack.

Dunkelgrüner Marmor: Der Grundton ist aus gelbem Ocker, Indigo und Frankfurter Schwarz gemischt, die Adern aus Frankfurter Schwarz und etwas Indigo; die weißen Flecken werden durch Alabasterstückchen hervorgebracht.

Grüner Porphyr: Die Grundmasse ist grün und besteht aus grüner Erde, ein wenig Indigo, ein wenig Schwarz und etwas gelbem Ocker; eingemengt sind kleingeklopfter schwarzer Gips und Alabasterstückchen.

Grauer Marmor: Aus Frankfurter Schwarz.

Grauer Granit: Frankfurter Schwarz mit etwas Kupferrot und Alabasterstückchen.

Schwarzer Marmor: Frankfurter Schwarz mit etwas Indigo; die Adern: gelber Ocker mit etwas Chromgelb, die weißen Adern Gips.

Blauer Marmor (lapis lazuli): aus Wiesbacher Blau mit etwas Indigo vermischt, die Goldadern aus Messingfeilspänen, die aber durchaus keine Eisenteile enthalten dürfen.

Roter Marmor: Aus Wiener Lack oder aus Englisch Rot.

Brauner Porphyr: Der Grundton aus Kupferrot und etwas Indigo gemischt; eingemengt werden Alabasterstückchen.

Brauner Granit: Der Grundton zur Hälfte aus Kupferrot und zur Hälfte aus Englisch Rot; eingemengt werden zerklopfte schwarze Gipsstücke und Gipsstein (geklopfter Glimmer).

Hellgelber Marmor: Der Grundton ist mit gelbem Ocker gefärbt, die Adern mit Englisch Rot und Dunkelgrün.

Dunkelgelber Marmor: Grundton aus gelbem Ocker, Adern aus Kupferrot.

Gelber Granit: Grundton aus gelbem Ocker, kleingeklopften Alabasterstücken und kleingeklopftem Glimmer. Die Adern von derselben Färbung, nur etwas matter gehalten.

§ 7.

Der Weißstuck.

Der Grundputz besteht aus scharfem Sand, Kalk und Gips. Sobald man den Grundputz auf die Mauer getragen hat und derselbe gehörig getrocknet ist, wird der Weißstuck, aus zwei Teilen gutem Weißkalk, einem Teil Gips und etwas schwachem Leimwasser bestehend (der Gips aber muß vorher schon gehörig eingerührt sein, ehe man ihn zum Weißkalk bringt), mit einem Aufziehbrett aufgezogen und alsdann mit einer Stahlkelle eben geglättet. Dieses Aufziehbrett besteht aus Weiß- oder Rotbuchenholz, ist etwa 45 cm lang und 18—21 cm breit und hat die Dicke eines Messerrückens. Wird der Weißstuck während der Arbeit zu hart, so muß man ihn mit reinem Wasser annetzen und weich zu erhalten suchen. Ist der Stuck ziemlich verbunden und hart geworden, so wird er mit folgender Politur poliert, die auch beim nachher zu erwähnenden Stuckolustro verwendet wird.

Zwei Liter Flußwasser, 90—120 g gelbes Wachs (zu weißen Arbeiten weißes Wachs), 60 g leichte Seife und 30 g sal tartari, oder Weinsteinsalz, werden auf folgende Weise zusammengekocht: Man läßt das Wasser tüchtig sieden, schüttet alsdann das in Stücke geschnittene Wachs und gepulverte sal tartari hinzu und rührt so lange, bis beides zergangen ist; alsdann bringt man die ebenfalls in Stücke zerschnittene Seife hinzu und läßt auch diese sich auflösen. Das Polieren wird einigemal wiederholt, bis sich keine blinden Flecken mehr zeigen.

§ 8.

Der Stuckolustro.

Die Masse des Stuckolustro besteht aus einer Mischung von wohl durchschlagenem Kalk und Marmorstaub. Statt des letzteren kann man auch weißen Alabaster und im Notfall auch feinen weißen Sand nehmen. Beide Bestandteile werden sehr fleißig zusammengearbeitet und so in ihrer Mischung gehalten, daß die auf die Kelle gelegte Masse leicht daran herabgleitet. In der Regel werden zwei Teile Marmor und Alabasterstaub und ein Teil Kalk erfordert.

Der Grund kann von gutem Kalk und scharfem, grobem Sand angefertigt werden, da Stuckolustro auf Gipsgrund nicht haften würde. Alles, was von der Bereitung des Grundes zum Stuckmarmor früher gesagt worden, gilt auch hier.

Die Anfertigung des Stuckolustro geschieht wie folgt: Nachdem der Marmorstaub, oder anstatt desselben feiner weißer Sand, und der geschlemmte Kalk sorg-

fältig gereinigt worden und darunter diejenige Farbe gemischt ist, welche den Grundton des darzustellenden Marmors giebt, wird der Stuck zwischen zwei Latten angetragen, alsdann glatt gezogen, mit der Kartätsche abgerieben und mit einem Reibebrett, das mit weißem, reinem Filz überzogen ist, ganz geebnet, ebenso wie man den gewöhnlichen Putz anfertigt. Die ganze Auflage auf den Grund erhält die Dicke eines Messerrückens.

Mit einer 12—15 cm langen, 6 cm breiten polierten Stahlkelle, welche eine recht glatte Oberfläche haben muß, ziemlich scharfe Kanten und einen gekrümmten Griff hat, wird diese Oberfläche glatt geschliffen, so daß alle Poren zugedeckt sind und eine ganz ebene Oberfläche entsteht. Diese wird nun mit demjenigen Marmor bemalt, welchen die Fläche darstellen soll. Zu diesem Behufe werden Erdfarben, und überhaupt solche Farben, die im Kalk stehen, von den nötigen Tönen mit schwachem Leimwasser oder Ochsengalle vermischt, welche das Einfressen der Farben und deren Festigkeit bewirkt. Man malt mit diesen Farben auf der Fläche mit Tusch- und Borstenpinseln die Adern und Partien des Marmors. Die Fläche muß aber noch naß sein und in diesem Zustande bis zur Beendigung der Malerei verbleiben; auch ist es gut, wenn mehrere Farben aufgemalt werden, nicht eine Farbe auf die andere zu tragen. Man lasse die Stelle frei, wohin die stärkere Farbe zu stehen kommt, damit man die Farben immer auf die reine Wand bringt. Sind die auf den Grund gemalten Farben eingezogen, was man durch Wischen mit dem Finger untersuchen kann, so streicht man mit der Polierkelle dieselben behutsam ein. Hiernächst aber bestreicht man mittels eines Pinsels die Fläche mit der weiter unten angegebenen Politur, die, sowie sie anfängt einzuziehen, sich mit einer weißen dünnen Haut überzieht. Über diese wird mit der flachen Seite der stählernen Kelle in sehr gleichen, nebeneinander folgenden Streifen hinweggerieben, und sogleich tritt der Glanz hervor. Beim Anfange des Polierens muß man aber sehr vorsichtig streichen, weil man leicht die Farben mit der Kelle verwischen kann; beim zweiten Male geht das Polieren schon bei weitem sicherer. Diese Operation wird einigemal wiederholt, bis sich keine blinden Flecken mehr zeigen. Je sorgfältiger dieses Streichen geschieht, desto schöner wird die Politur.

Endlich wird zum Nachputzen des Stuckolustro und der Stuckmarmorarbeiten folgende Politur verwendet. Man rührt 60 g Wachs und 15 g sal tartari tüchtig durcheinander, gießt alsdann ein wenig kochendes Flußwasser hinzu unter fortwährendem Umrühren; wird die Masse dick, so gießt man mehr kochendes Wasser hinzu. Dies Verfahren wiederholt man einigemal bei immerwährendem Rühren und läßt nun die Politur stehen, die beim Erkalten schmalzartig wird.

Diese Politur läßt sich auch bei Ornamenten, Gliederungen aus Gips und Weißstuck sehr gut zum Polieren mittels wollener Lappen anwenden. Hierbei ist es aber gut, wenn man diese Gegenstände zuvor mit schwachem Leimwasser tränkt, weil sonst die Politur zu schnell einzieht. Auch kann man alten Marmor, sowie alten Stuckolustro mit dieser Politur wieder aufputzen und ihm neuen Glanz geben.

Über den glänzenden Stucko der Alten entnehmen wir aus Dingler's polytechnischem Journal Bd. 122, S. 289 folgendes: Der eigentliche Stucko wurde noch auf einem Untergrund — arenatum — aufgetragen, der wie die Ziegelsteine selbst einsaugend war, und gröblichen Meeressand statt des Marmorstaubes als Bestandteil hatte. Diesen Untergrund will auch Vitruv, wie den Marmorstucko, aus drei Lagen zusammengesetzt wissen. Statt des Meersandes kann man sich sehr wohl des Ziegelsteinpulvers bedienen. 1 Maßteil Sumpfkalk mit $1\frac{1}{2}$ Maßteil groben Ziegelsteinpulvers geben auf einer einsaugenden Ziegelsteinmauer einen sehr guten Grund; saugt die Mauer nicht gut, so muß man die Quantität des Ziegelsteinpulvers vermehren, sonst scheidet sich etwas Wasser aus und die Oberfläche überzieht sich mit einer Kruste halbkohlensauren Kalks.

Die Dicke des groben Marmorstuckos beträgt auf einem der schönsten Überreste antiken römischen Stuckos aus den Bädern des Titus, 8 mm, die der obersten feinsten Kruste 1 mm; denn es sind da nur zwei Lagen angewendet. Die gröbsten Körner sind Kalkspat, $1\frac{1}{2}$ mm breit, 2 mm lang. Dieser antike Stucko absorbiert Wasser auf der frischen Bruchfläche; hingegen die mit dem feurigsten Zinnober bedeckte polierte Oberfläche absorbiert nicht allein kein Wasser mehr, sondern wird nur schwer vom Wasser benetzt.

Beim Auftragen dieses Stuckos muß, wie bei jeder anderen gröberen Sorte, der Stein, auf den man ihn trägt, vollkommen naß sein. Es darf aber kein überflüssiges Wasser vorhanden sein, das den aufgetragenen Stucko verdünnt. In letzterem Fall schwillt der aufgetragene Stucko auf, verliert beim Anziehen sein feinkörniges Ansehen, wird glatt, überzieht sich mit einer dichten, glänzenden Kalkkruste und springt dann an diesen Stellen in viele Stücke.

Der Wirkung des Erstarrens im Innern des Stuckos kommt gar sehr äußere mechanische Kraft zu Hilfe. Deshalb schreibt auch schon Vitruv vor, um die glänzende Oberfläche des Stuckos hervorzubringen, müsse man den Stucko während des Anziehens mit Stäben schlagen und wohl reiben. Und wirklich erstarrt während dieses Reibens die Oberfläche rasch zu einer beinahe spiegelglänzenden Kruste (wenn das Reiben mit glatten Steinen geschieht), die zuletzt eine dünne Haut kohlensauren Kalks trägt und nun vom Wasser nicht mehr benetzt wird, so daß es nur

mit sehr zähen Farben möglich ist, auf diesen glatten Grund zu malen. Vitruv giebt noch die Vorschrift, die letzte Schicht durch fleißiges Reiben zu glätten und dann erst die Farben aufzutragen, damit sie durch diesen Grund schönen Glanz erhalten. Er prägt indessen an einer anderen Stelle dem Leser wohl ein, daß die Farben noch auf die nasse Bekleidung getragen werden müssen, sonst läßt sie die Farben los, wenn sie abgewischt wird.

Das Auftragen von Farben auf den geebneten, obwohl noch nassen Grund, hat große Schwierigkeiten. Trägt man die mit Wasser angeriebene Farbe auf, so macht sie entweder den bereits geglätteten Grund so flüssig, daß eine Politur unmöglich wird, oder der Kalk des Grundes vermischt sich mit der Farbe und macht sie lichter und unscheinbar. Man kann daher die fein geriebenen Farben trocken mit Baumwolle auftragen und dann erst die gefärbte Oberfläche glätten. Auch hier darf man, wenn die Stelle fleckig wird, nicht mit Wasser nachhelfen, oder nur höchst vorsichtig, denn dann reibt sich die Farbe während des Glättens nur allzu leicht von der benetzten Fläche weg, und es erscheint der weiße Untergrund, auf welchem die trockene Farbe schwer haftet Selbst wenn man die Oberfläche färbt, ehe man sie poliert, wie dies beim Stucko der Römer fast immer der Fall war, trägt man die Farbe am besten in Pulverform mittels Baumwolle oder dergleichen auf, denn rührt man die Farbe mit Wasser an, so reicht das Wasser der Farbe hin, die Oberfläche wieder flüssiger zu machen und sie am Erstarren zu verhindern. Zum Glätten, das erst beginnen darf, wenn der Stucko im Anziehen begriffen ist, bedient man sich nach Plinius glatter Steine mit etwas gewölbter Oberfläche, da beim Glätten nur ein kleiner Teil der geglätteten Steinoberfläche wirken darf, denn eine ebene, glatte Oberfläche saugt sich sehr bald am Steine fest, so daß man sie nicht mehr verschieben kann, ohne den Stucko zu zerreißen. Die polierte Fläche beginnt nach dem Anziehen in einigen Tagen zu schwitzen, wenn man den Stucko zuvor nicht fest gearbeitet oder geschlagen hat, indem sich ein leichter Tau von Kalkwasser ausscheidet und auf die Oberfläche legt, der vorsichtig weggewischt werden muß, ehe er auftrocknet und die polierten Flächen mit einer Kalkkruste überzieht. Auf diese Weise sind alle Wände der Alten in den römischen Bädern zu Herkulanum und Pompeji überzogen.

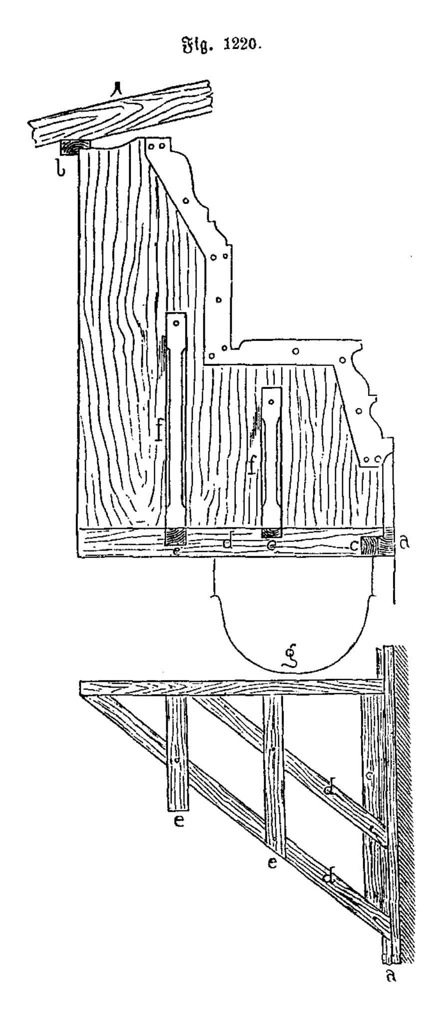
§ 9.

Ausziehen der Gesimse.

Ein wesentlicher Teil der Arbeit des Stuckateurs besteht in der Herstellung vortretender Gliederungen und Gesimse, welche sowohl am Äußeren, namentlich aber im Innern von Gebäuden vorkommen und in Kalkmörtel, Cementmörtel oder Gips mittels **Schablonen gezogen** werden.

Die Schablonen werden nach den Profilen der zu ziehenden Gesimse aus Brettern von hartem Holze angefertigt. Reiner jedoch wird die Zieharbeit unter Anwendung von Metallschablonen, d. h. man schneidet aus Eisen- oder Zinkblech recht sauber das Gesimsprofil aus und nagelt die Blechschablone auf die Holzschablone seitlich an. Beim Gesimseziehen muß die Schablone senkrecht zur

Fig. 1220.



Putzfläche über den nach und nach angetragenen Kalk-, Cement- oder Gipsmörtel hingeführt werden, bis das dargestellte Gesims genau die in der Schablone ausgeschnittene Form füllt und diese erhaben darstellt. Die ganze Manipulation ist an sich einfach und leicht, wenn die Vorrichtungen zur sicheren Führung der Schablone richtig getroffen sind.

Hierzu gehört zunächst der sogenannte Lattengang. Derselbe besteht aus zwei parallelen Latten a b, Fig. 1220, von denen die eine unterhalb, die andere oberhalb des Gesimses befestigt werden muß. Beide sind an **der** Seite,

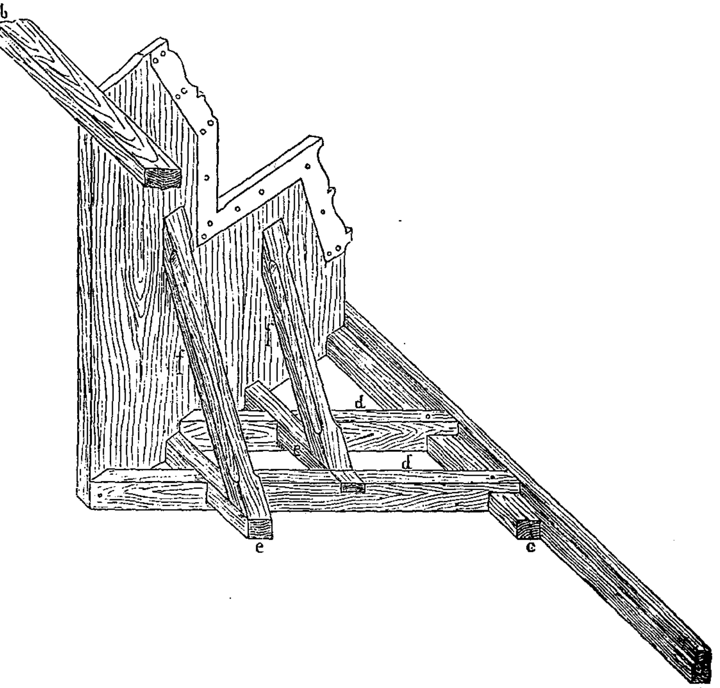
mit welcher sie die Schablone berühren, glatt gehobelt. Die untere wird an der dem Gesims zugehörigen Wand mit Mauerhaken befestigt und die Schablone läuft auf ihr. Ist die Wand nicht ganz eben, etwa noch nicht geputzt, so wird die Latte gefalzt, so daß die Schablone mit einem entsprechenden Ausschnitte in diesem Falze läuft. Die obere Latte wird so vor dem Gesimse angebracht, daß sich die Schablone mit ihrem Rücken dagegen lehnt und, zwischen beide Latten eingeschlossen, sich nicht von dem zu ziehenden Gesimse entfernen kann, wodurch das mühsame und viel Kraft erfordernde Andrücken der Schablone vermieden wird. Um die Schablone in diesen Lattengang einbringen zu können, ist es nötig, eine der beiden Latten an einem Ende des Gesimses etwas kürzer zu machen als die andere. Die Befestigung der oberen Latte hat bei Hauptgesimsen von Fassaden oft einige Schwierigkeiten, die man aber auf die in Fig. 1220 dargestellte Weise leicht überwinden kann. A sind nämlich einzelne, an irgend einem Verbandstücke des Dachgerüstes angebrachte Holzstücke, deren Unterflächen alle in einer mit der unteren Latte parallelen Ebene liegen, und an welcher die nötigenfalls gefalzte Latte b befestigt wird. Bei Deckgesimsen innerer Räume kann die Latte b immer leicht an der Decke befestigt werden.

Ist der Lattengang eingerichtet, was übrigens mit gehöriger Vorsicht geschehen muß, damit namentlich die beiden Latten eine durchaus parallele Lage bekommen, so wird die Schablone selbst noch mit dem sogenannten Schlitten versehen, einer Vorrichtung, welche die Schablone in der auf die Längenrichtung des Gesimses senkrechten Stellung erhalten soll, Fig. 1220 u. 1221.

Damit das Gesims recht glatt und eben wird, ist die Schablone längs ihres Profils mit einer Fase versehen, und zwar so, daß die abgefaste Seite beim Ziehen vorangeht, damit der Mörtel erst zusammengedrückt wird, ehe ihn die Schablone abschneidet. Wenn man viele Gesimse mit ein und derselben Schablone zu ziehen hat, besonders in Kalkmörtel mit scharfem Sande vermischt, so beschlägt man die nicht abgefaste Seite der Schablone mit Eisenblech (Sturzblech), das natürlich nach dem Profile des Gesimses genau ausgefeilt werden muß.

Ist die Schablone beschafft und der Lattengang eingerichtet, so besteht das Ziehen der Gesimse darin, daß man zuerst mit gröberem und steifer angemachtem Mörtel den eigentlichen Körper des Gesimses herstellt und sobald man der beabsichtigten Form nahe kommt, die Schablone darüber führt. Sobald diese zu wirken anfängt, wird der Mörtel dünner und fetter gemacht, um das Ziehen zu erleichtern und eine vollendetere Form zu erhalten. Bevor die Schablone über den angeworfenen Mörtel geführt wird, muß derselbe etwas getrocknet sein (angezogen haben), weshalb man, wenn Kalkmörtel das Material ist, diesem bis zur Hälfte Gips zusetzt, um auf das Trocknen nicht zu lange warten zu müssen. Werden die Gesimse (wie in inneren Räumen) ganz in Gips gezogen, so muß man schnell hantieren, weil der Gips sehr rasch anzieht. Am meisten Übung erfordert indessen ein rasch bindendes Material, wie z. B. der Roman Cement, und nur geübten Arbeitern gelingt es, aus diesem Material schöne Gesimse darzustellen, die dann aber auch eine weit größere Dauer zeigen als solche aus Kalkmörtel. Bei den letzten Gängen, welche die Schablone über das Gesims macht, bleibt nur wenig von dem angeworfenen Material an dem Gesimse haften, das meiste fällt vor der Schablone zu Boden. Hierdurch geht nicht nur eine Menge Material verloren,

Fig. 1221.



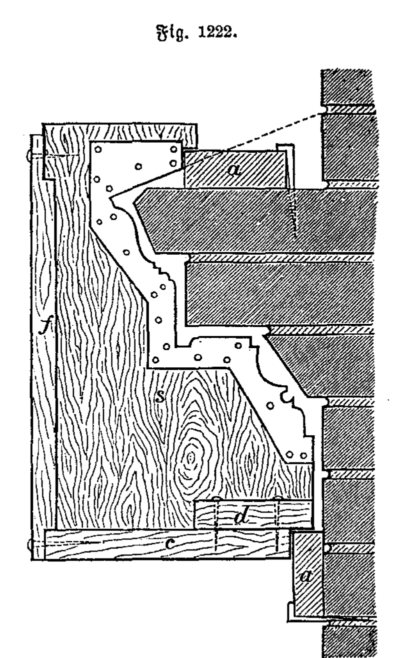
sondern es werden auch alle weiter unten liegenden Gegenstände beschmutzt. Deshalb ist es vorteilhaft, an die Latte c und die Streben d d, Fig. 1220, mittels Draht eine Art Rinne g von schwachem Blech zu befestigen, die den herabfallenden Mörtel auffängt, und aus dieser in den Mörtelkasten zurückgeworfen werden kann.

Eine etwas andere Anordnung des Schlittens zeigen die Fig. 1222 u. 1223, bei dem das Brett c zugleich zum Auffangen des zuviel angetragenen Mörtels dient.

Bei kleinen, nur wenig ausladenden Gesimsen, wie Architraven, Gurtgesimsen, Fenster- und Thüreinfassungen u. s. w., kann man den Lattengang ohne große Umstände nicht wohl so einrichten, daß durch ihn die Schablone immer gegen das Gesims gedrückt, oder wenigstens in der ihr einmal gegebenen Entfernung erhalten wird, sondern

man muß dieses Andrücken beim Ziehen selbst aus freier Hand bewirken. Solche schwach vortretende Gesimse, deren weitest vortretender Punkt 5–6 cm auslabet, werden auch ohne allen Kern ganz aus Mörtel dargestellt, und nur größere werden entweder vorgemauert oder erhalten einen Kern aus Rohr oder aus Holz, so daß der Putz womöglich nirgends stärker als $2^1/_2$—3 cm aufgetragen zu werden braucht.

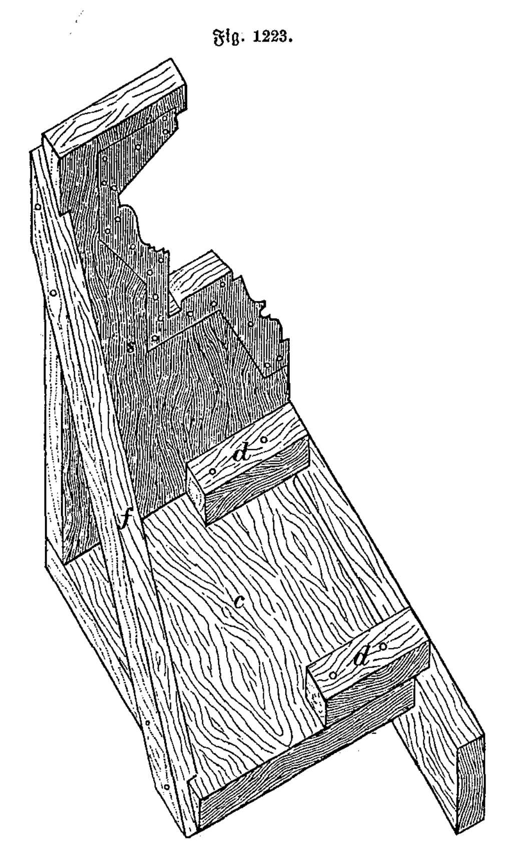
Fig. 1222.



Die Kröpfungen und Kehrungen der Gesimse können nicht mit der Schablone gemacht, sondern müssen mit eigens geformten kleinen Kellen aus freier Hand dargestellt werden, wobei die Schablone nur als Kontrolle für die richtige Form dient. Wenn sich dergleichen Kröpfungen übrigens sehr oft wiederholen und die dazwischen liegenden geraden Gesimsstücke sehr kurz sind, wie z. B. bei den Gesimsen im Innern von Kassetturen u. s. f., so kann die Schablone auf die angegebene Weise gar nicht gebraucht werden; man kommt dann am leichtesten zum Ziele, wenn man auf einem langen ebenen Brette den Mörtel aufträgt und die Gesimse mit der Schablone in langen Stücken zieht, diese trocknen läßt, hierauf sie mit einer Säge in Stücke von der erforderlichen Länge schneidet, ähnlich wie es der Schreiner bei Anfertigung von Holzgesimsen macht, und diese Stücke mit demselben Material, aus welchem sie bestehen, an ihren Ort befestigt. Sind die Stücke schwerer, so kann man der Befestigung durch Schrauben oder Nägel zu Hilfe kommen; doch wird dies nur selten nötig werden, wenn man beim Ansetzen darauf achtet, daß alles vom Staube gereinigt ist und sowohl der Grund als das anzusetzende Stück gut genäßt werden.

Soll die geputzte Fläche ein gewöhnliches Quadermauerwerk darstellen mit feinen Fugen, so werden diese mit einem passend geformten, einem Grabstichel ähnlichen Eisen in den noch nicht ganz erhärteten Putz eingeschnitten, indem man dasselbe an einem Lineale führt. Hierbei machen nur die horizontalen oder Lagerfugen einige Schwierigkeiten, weil sie lange Linien bilden, bei welchen das Auge ein Abweichen von der Parallelität oder von der horizontalen

Fig. 1223.

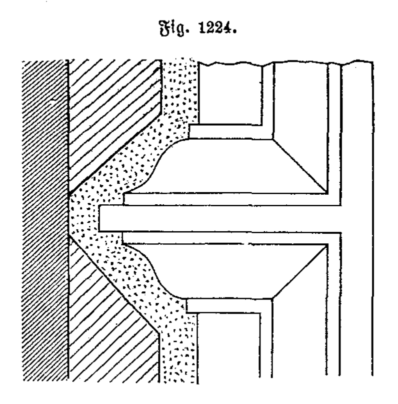


Richtung sehr leicht wahrnimmt. Es ist daher nötig, diese Richtung durch ein Nivellierinstrument, das übrigens auch in einer gewöhnlichen Setzwage bestehen kann, zu bestimmen und hiernach durch gleiche Abstiche die parallele Richtung aller Fugen festzusetzen. Bei diesen Fugen muß auch das Eisen zum Einschneiden derselben längs einer mit kleinen Mauerhaken befestigten Latte geführt werden, um eine geradlinige Bewegung zu erzielen. Die lotrechten oder Stoßfugen sind, weil sie kürzere und in ihrer parallelen Richtung durch das Bleilot leicht zu bestimmende Linien bilden, auch leichter herzustellen, und man kann dieselben mittels einer, etwa mit Kohle oder Kreide gefärbten Schnur auf die geputzte Fläche aufschnüren und dann das Fugeisen zum Einschneiden längs eines aus freier Hand gehaltenen Lineals führen.

Sollen die Fugen stärker werden, so daß die davon begrenzten Quader schon kleine Fasen bekommen, so kann

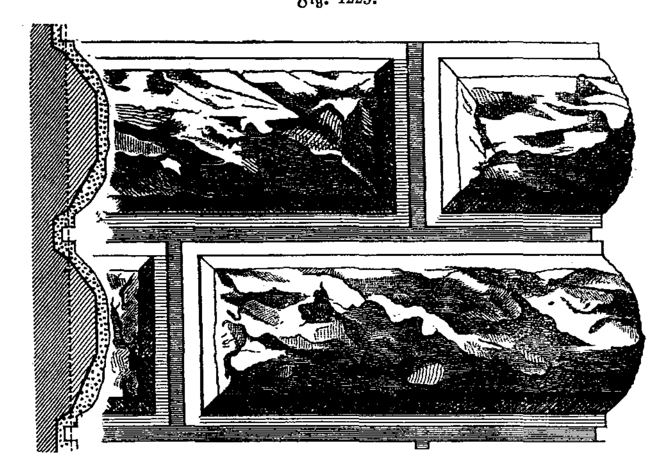
man das Eisen nicht wohl sicher aus freier Hand leiten, sondern es ist besser, dasselbe in eine Art Hobel einzusetzen und diesen längs der mit Haken befestigten Latten zu führen. Sobald die Quader noch stärker vorspringen sollen, wie bei den sogenannten Rustiken, wo dann das Profil der Fugen aus mehreren geschwungenen Linien gebildet zu sein pflegt, reicht das angedeutete Verfahren nicht

Fig. 1224.



mehr aus, sondern es muß die Fugenrichtung mit einer farbigen Schnur auf die vorher glatt geputzte Fläche vorgezeichnet und dann in der angemessenen Breite mit einem Hammer der Putz fortgehauen werden, worauf man die Fugen mittels einer Schablone, wie ein Gesims, zieht. Dasselbe Verfahren findet mit wenigen, sich von selbst ergebenden Abänderungen statt, wenn die stark vortretenden Quader schon vorgemauert sind, wie solches bei Backsteinmauern gewöhnlich geschieht, um den Putz nicht zu stark antragen zu müssen, Fig. 1224. Bei entsprechender Vormauerung beträgt die Stärke des Mörtelauftrags 2 cm bis höchstens 3 cm.

Fig. 1225.



Sollen die Quader als rauhe Bossagen behandelt werden, Fig. 1225, so wird nur so weit vorgemauert, daß der Mörtel 4—5 cm stark aufgetragen werden kann; sobald dieser etwas angezogen hat, wird die Mörtelmasse mit einem entsprechend geformten Eisen so ausgestochen, daß die Oberfläche die gewünschte, dem Werkstein nachgebildete Behandlung zeigt.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Tafeln

zu

Breymann, Baukonstruktionslehre.

Band I: Die Konstruktionen in Stein.

Siebente, verbesserte und erweiterte Auflage

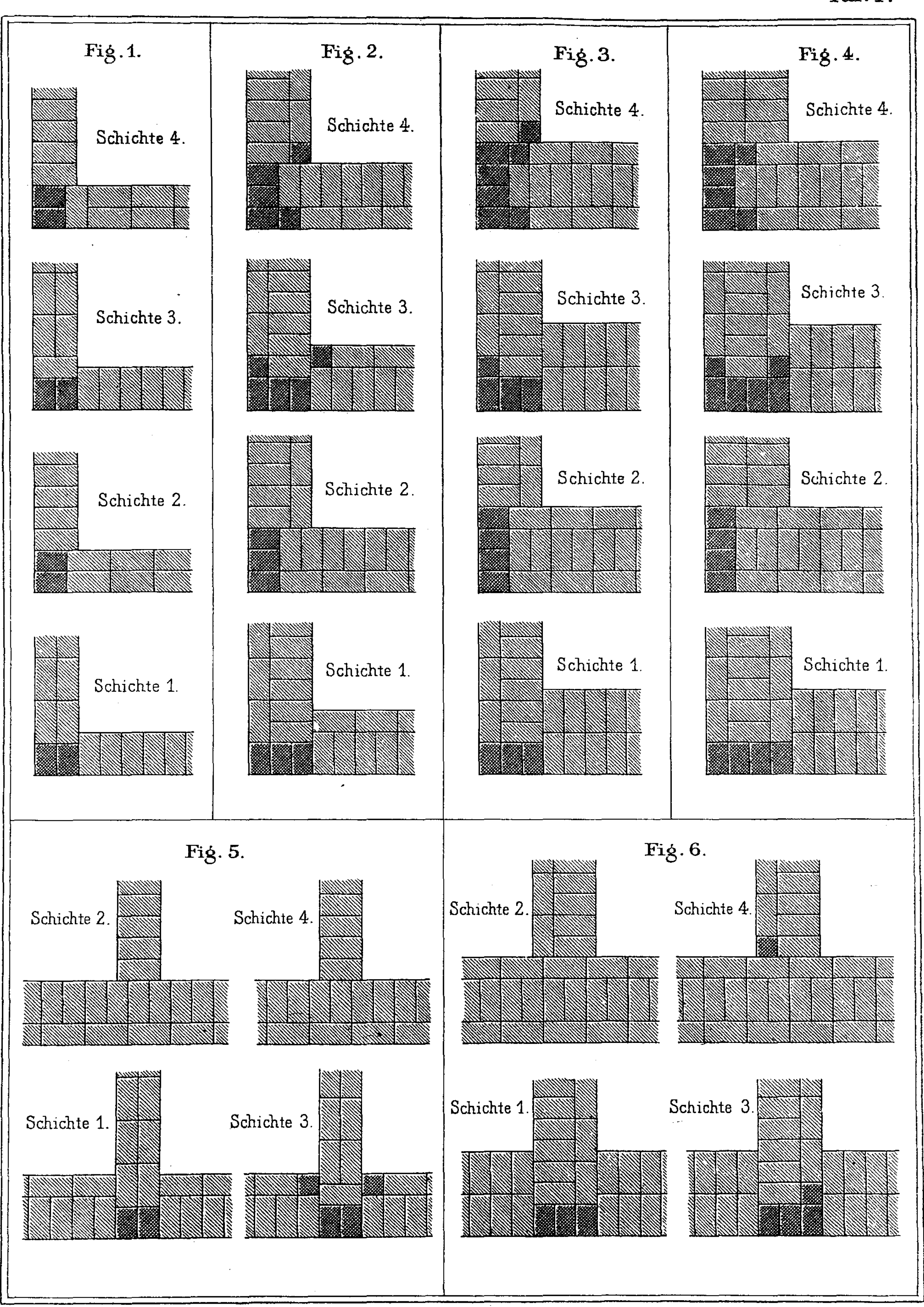
von

Dr. Otto Warth,
Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe.

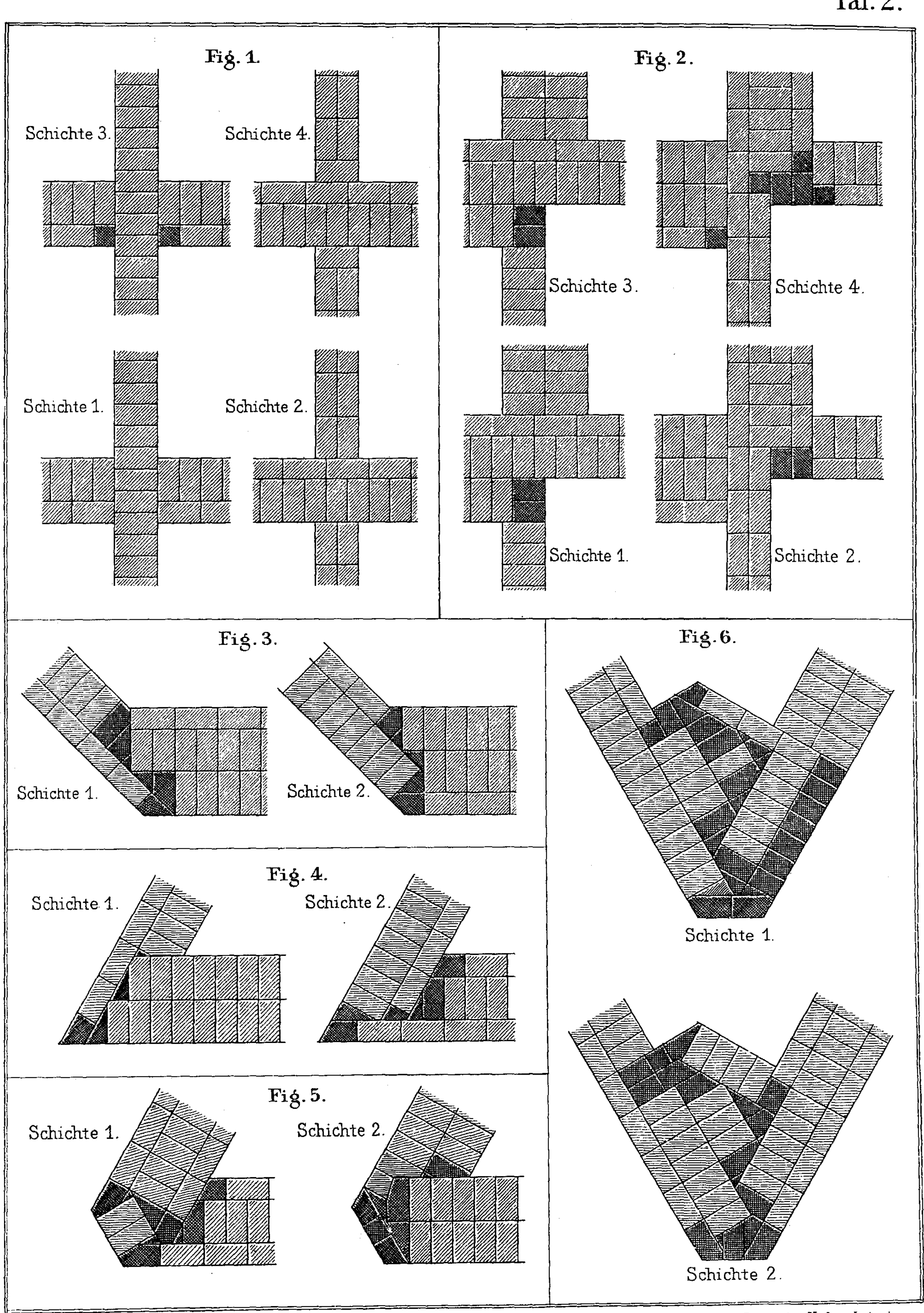
Leipzig,
J. M. Gebhardt's Verlag.
1903.

Verzeichnis der Tafeln

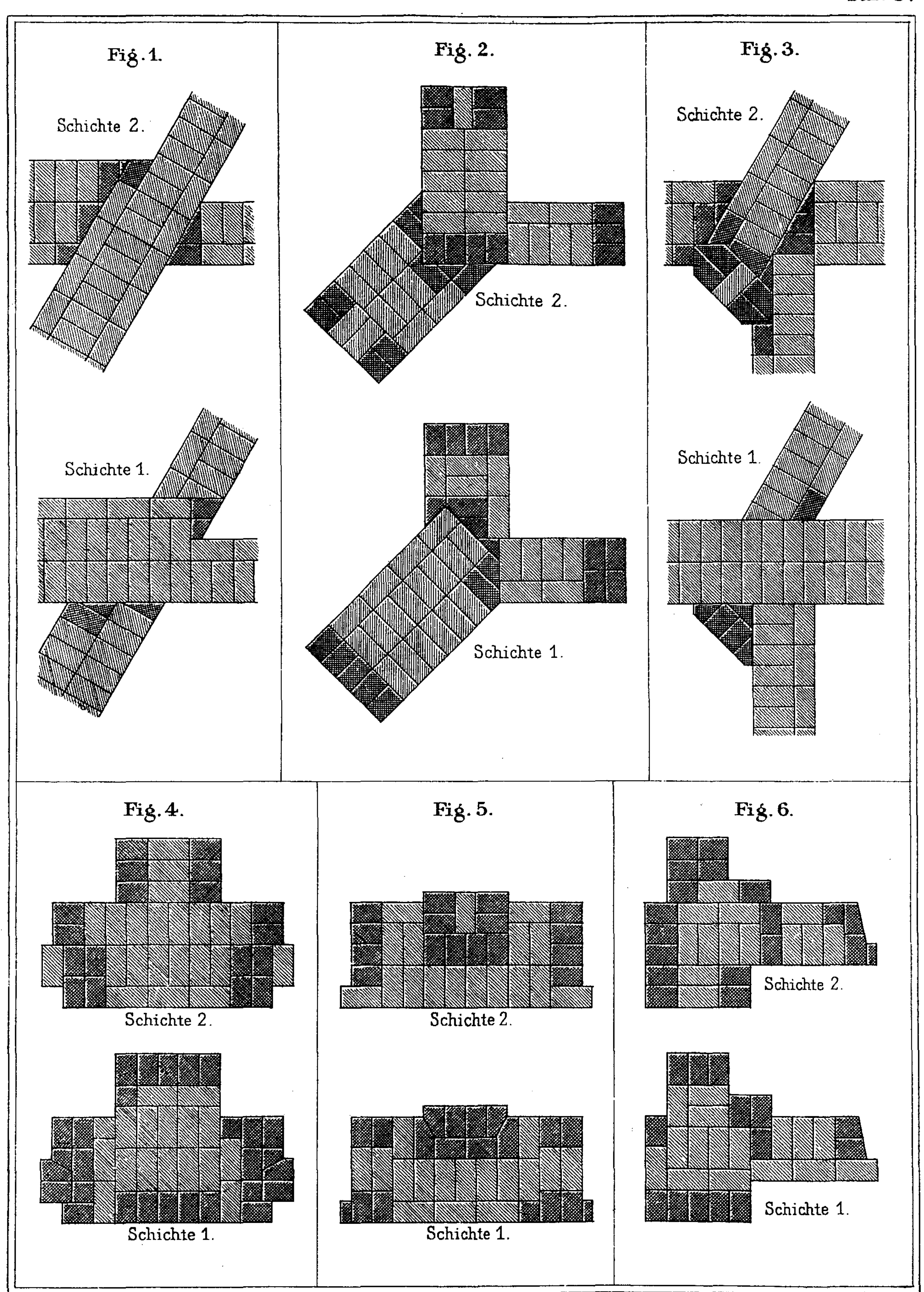
mit Angabe der zugehörigen Textseiten.



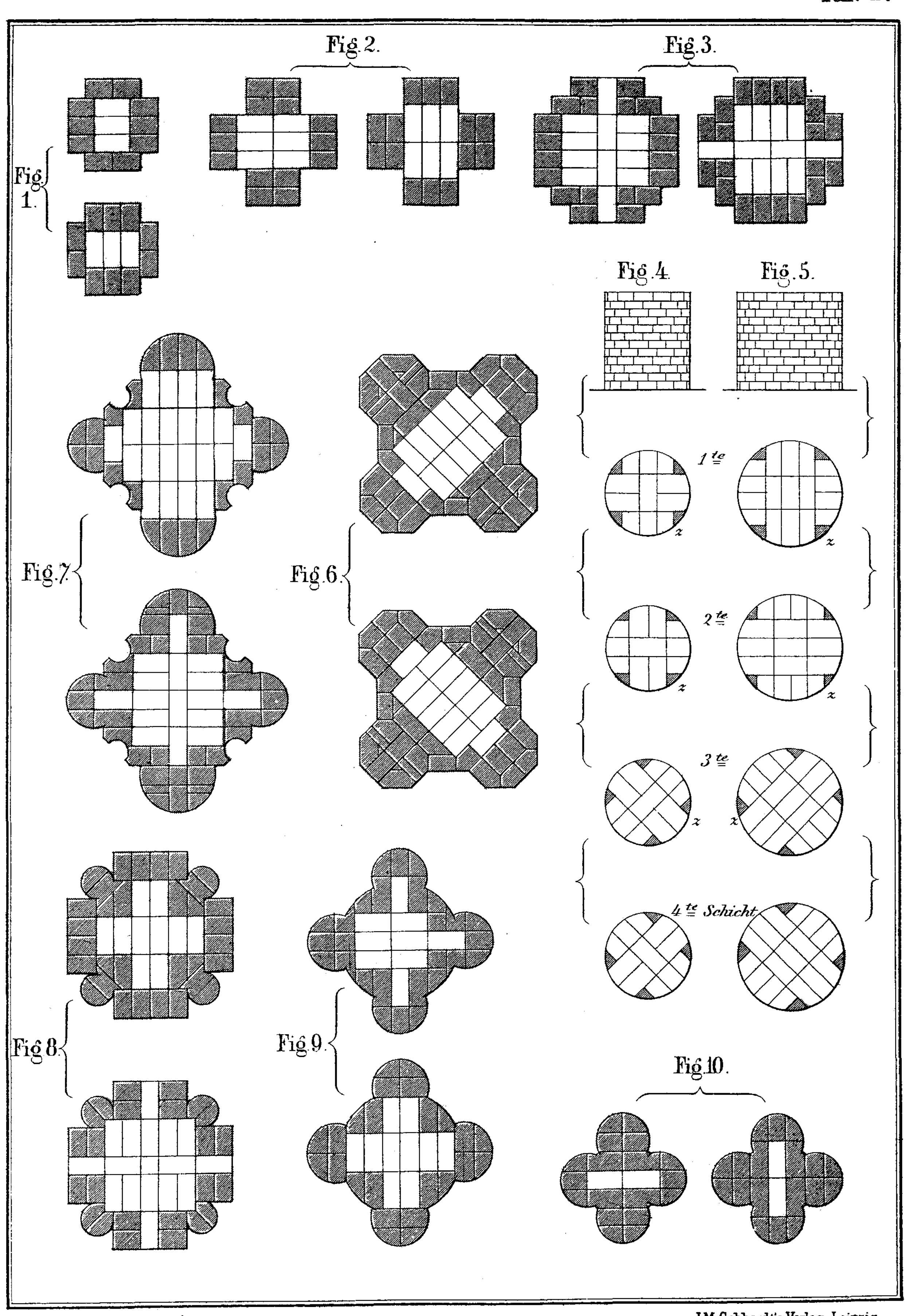
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



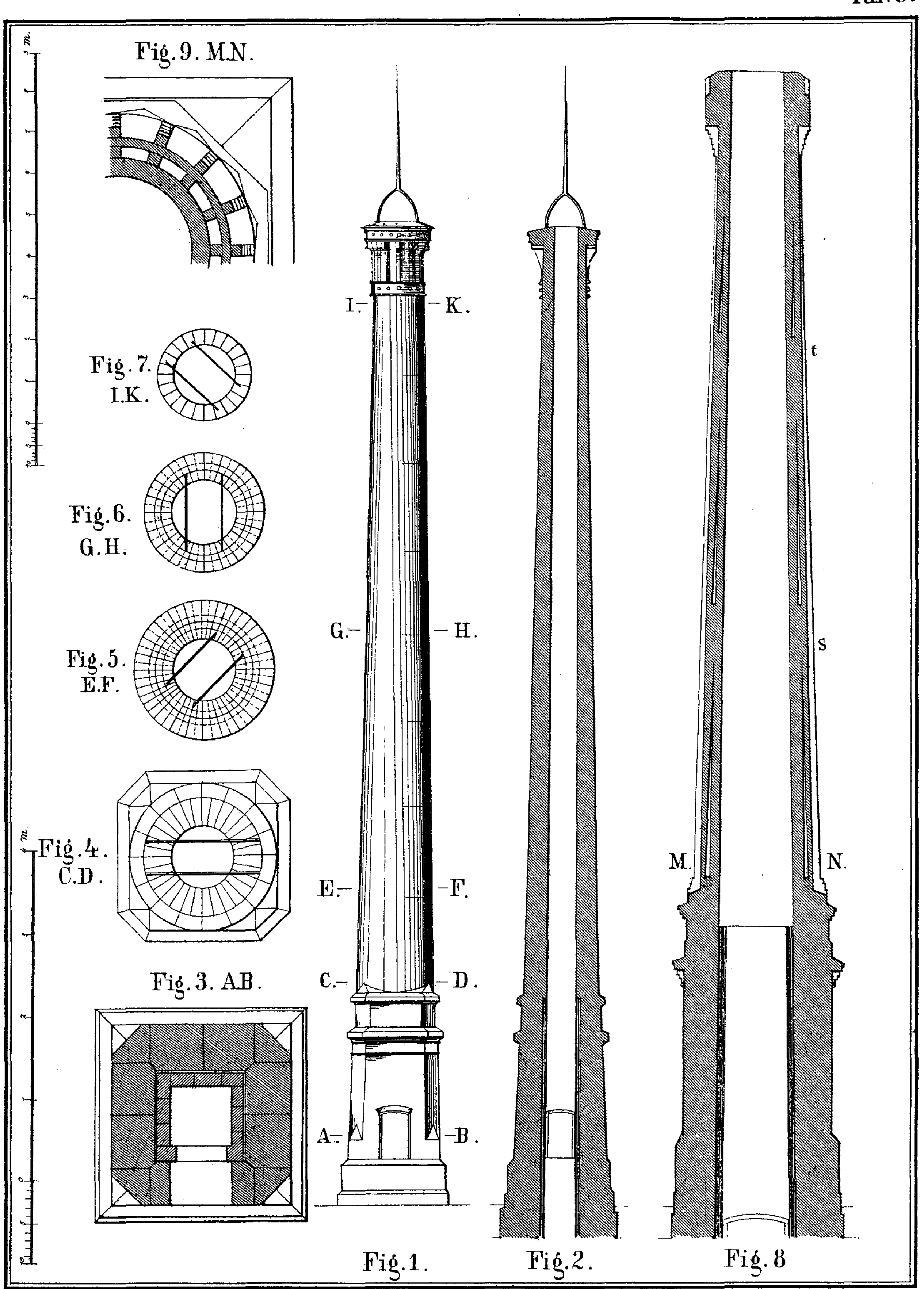
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



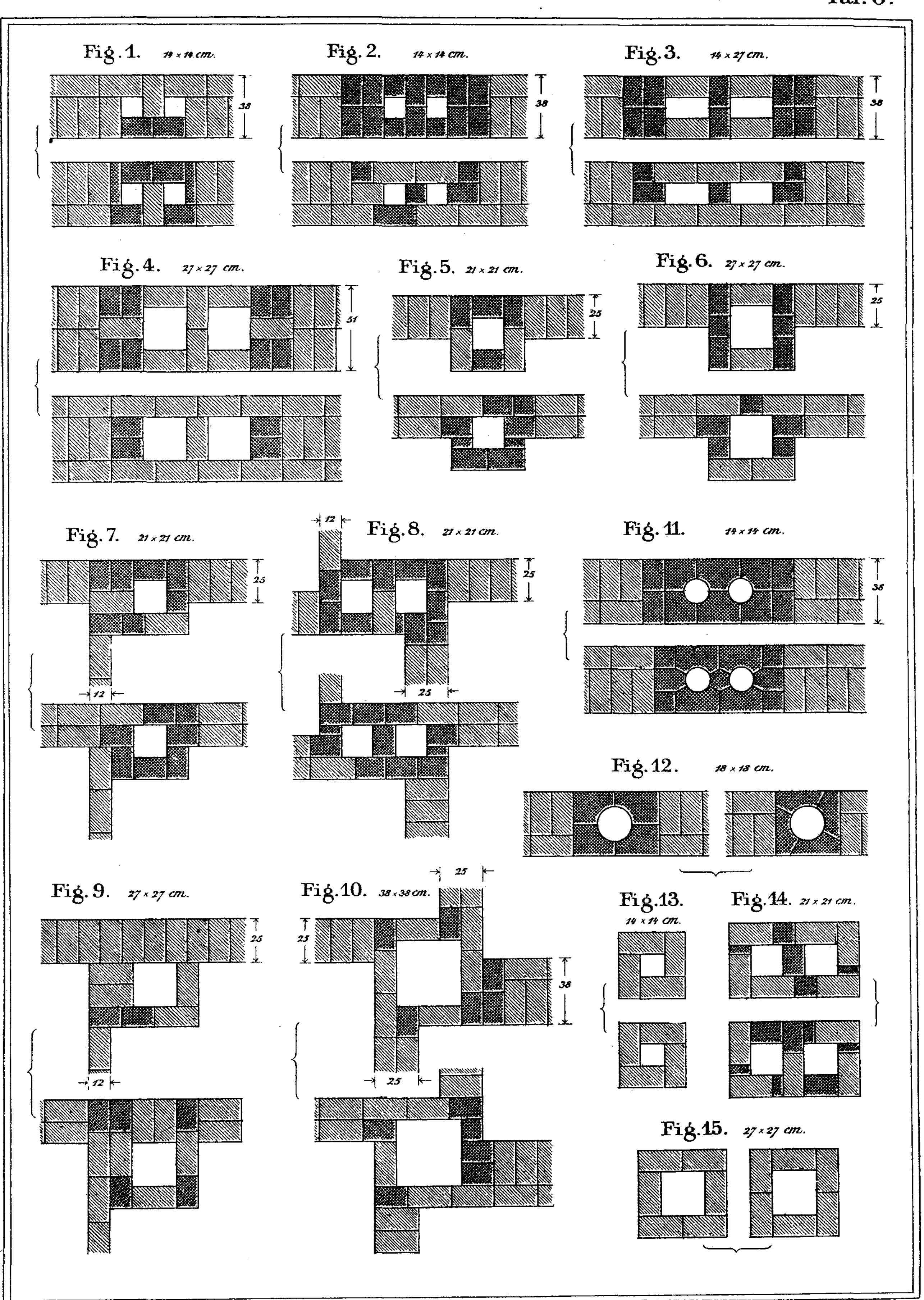
 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



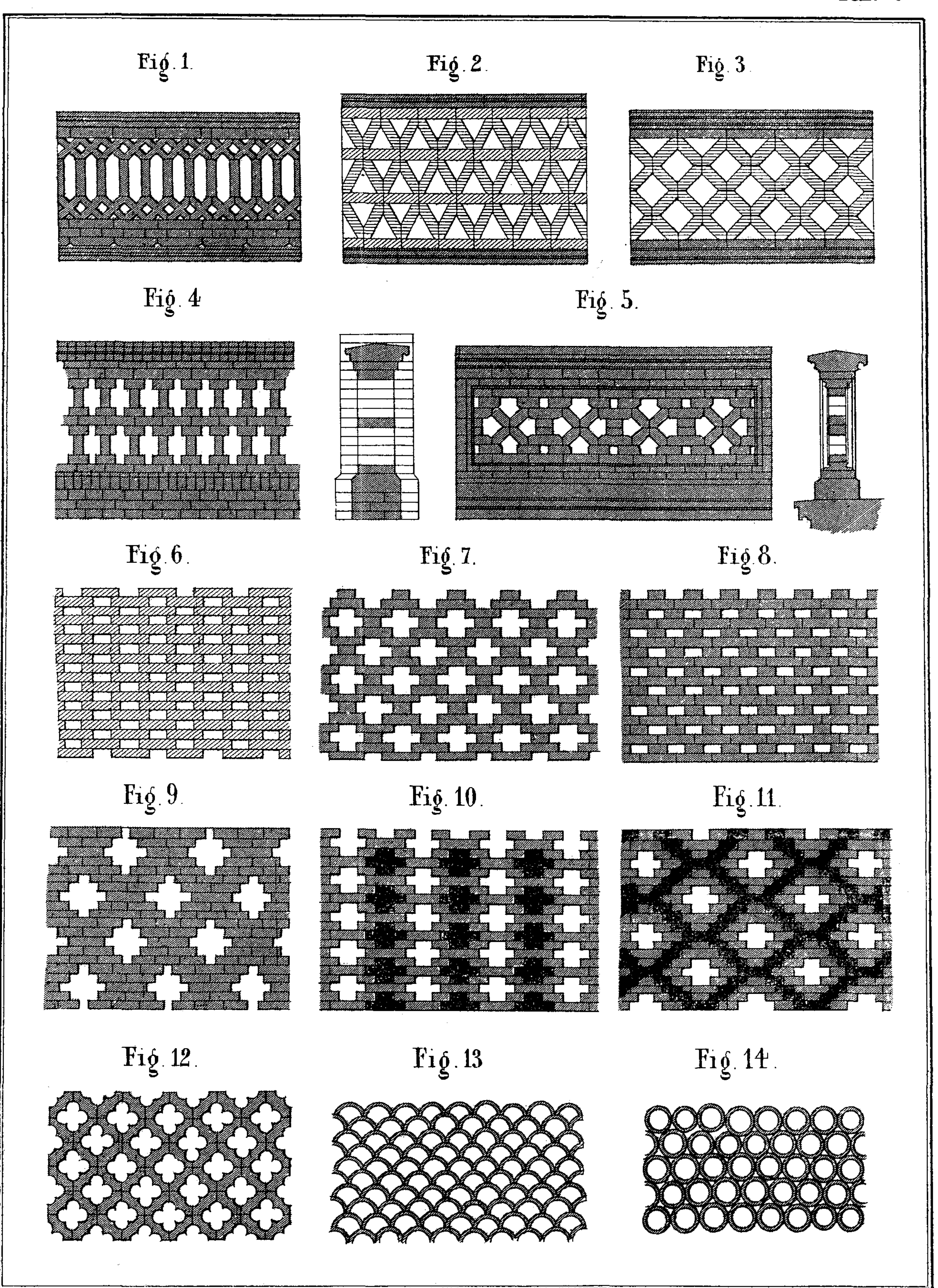
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



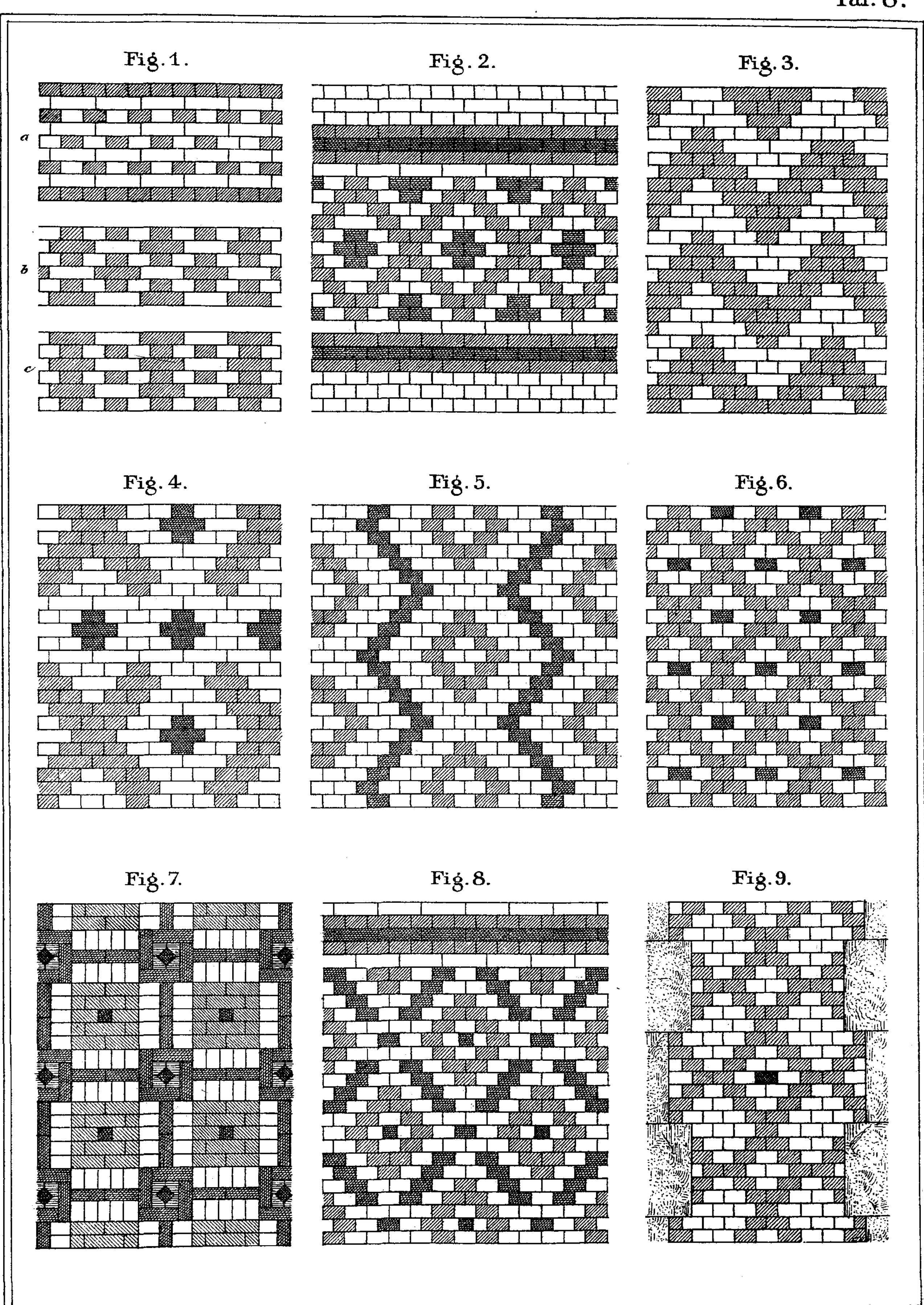
 J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



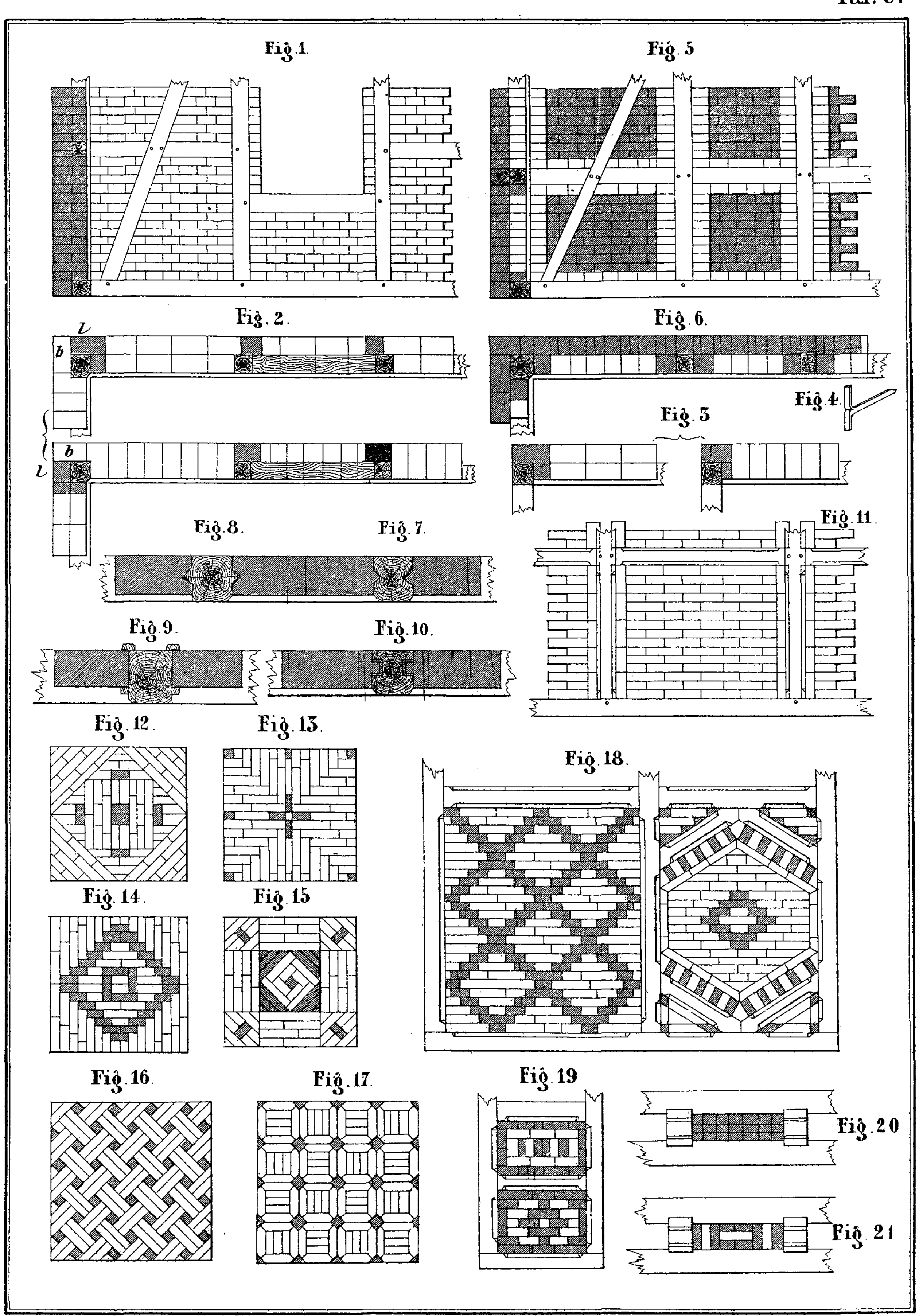
J M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



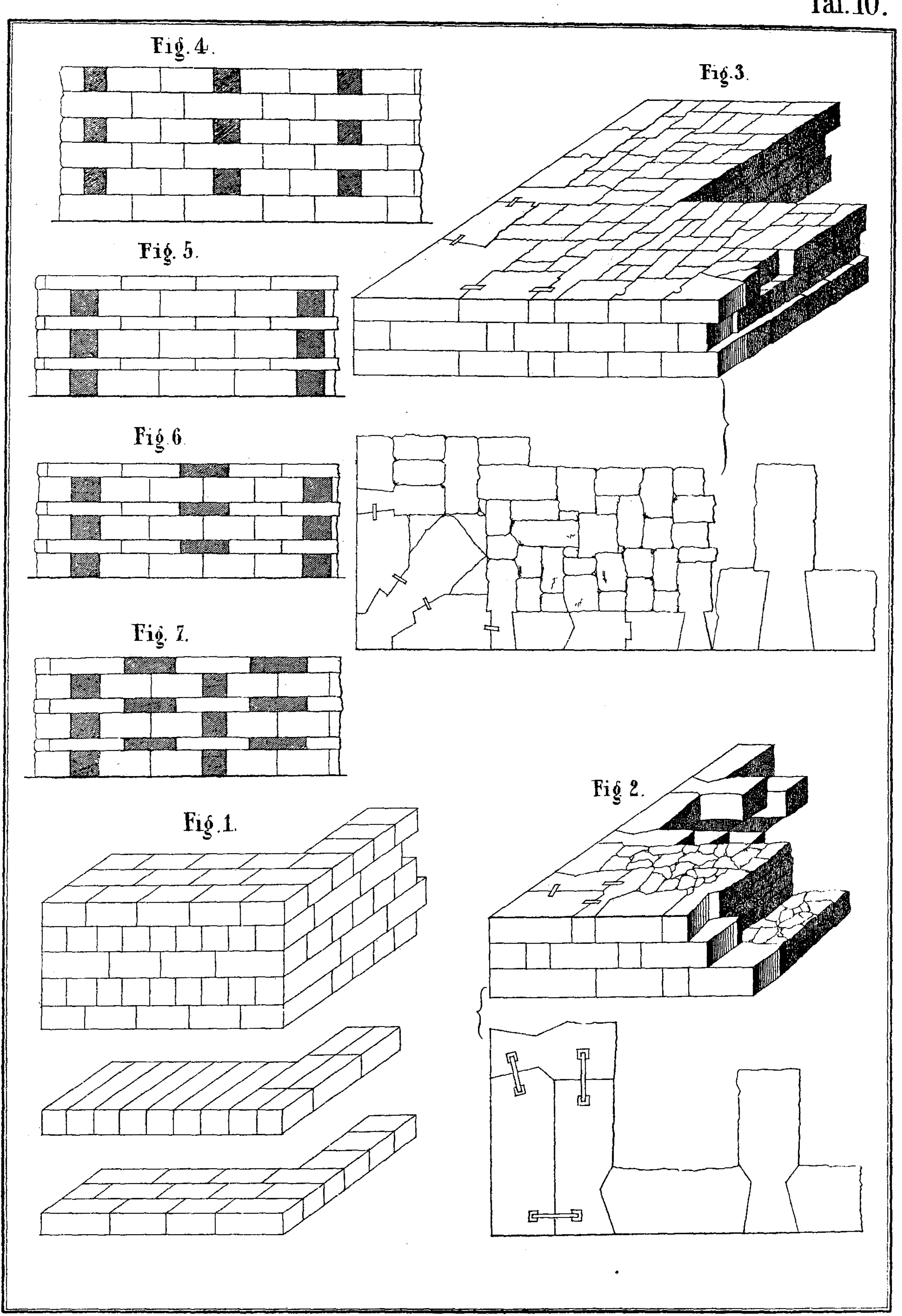
 J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

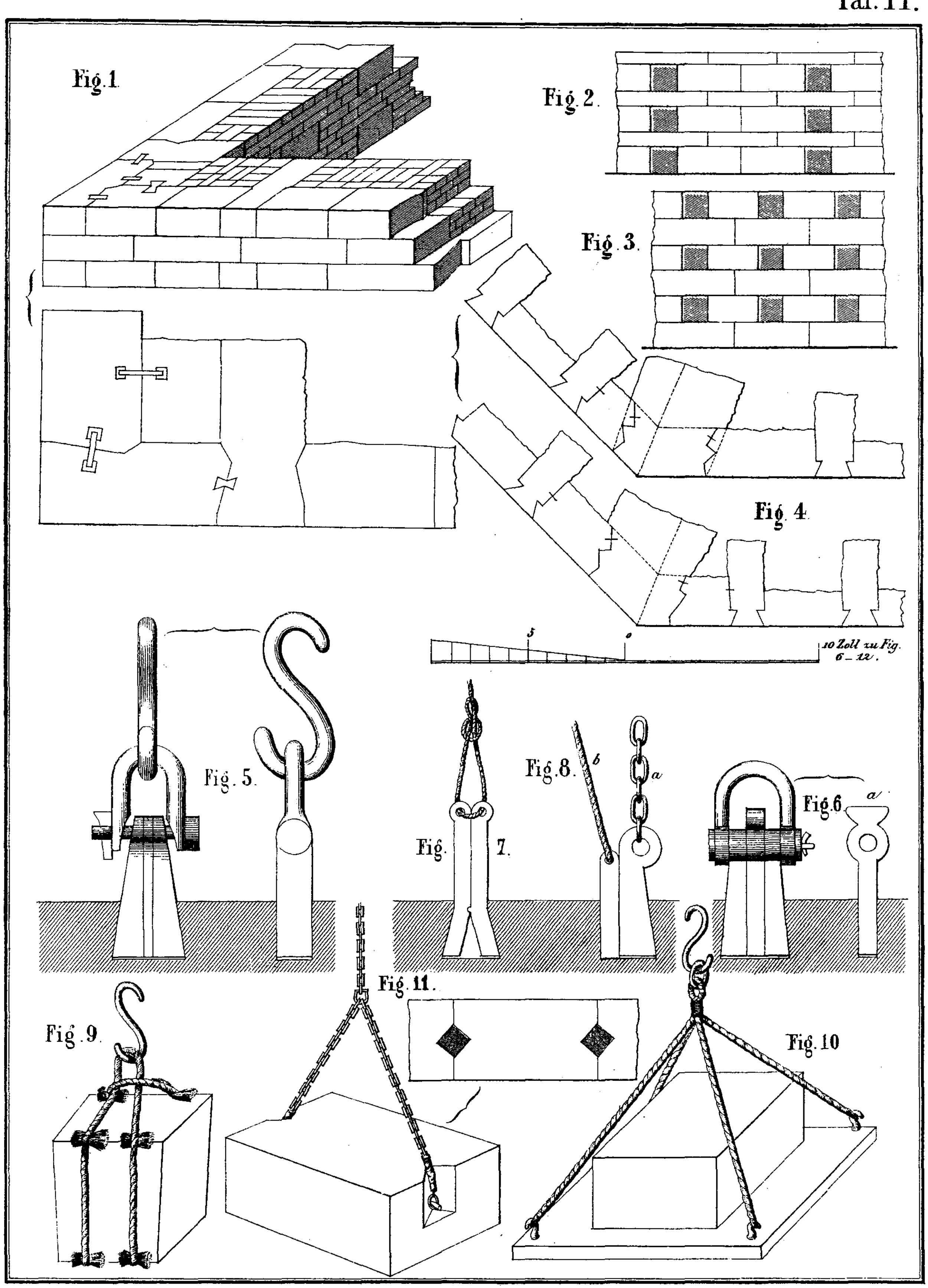


J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

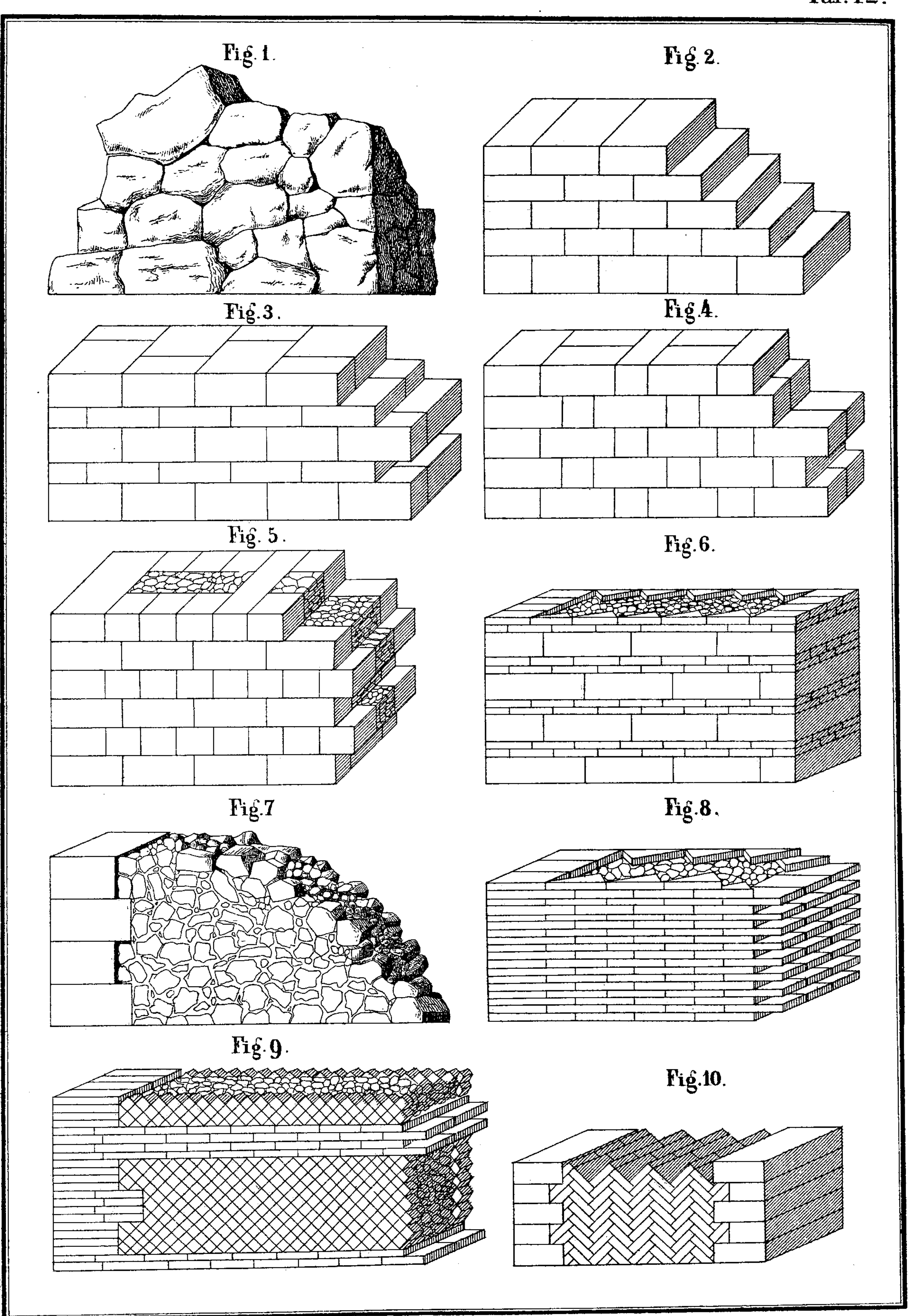


J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 4.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 1.
Fig. 2.

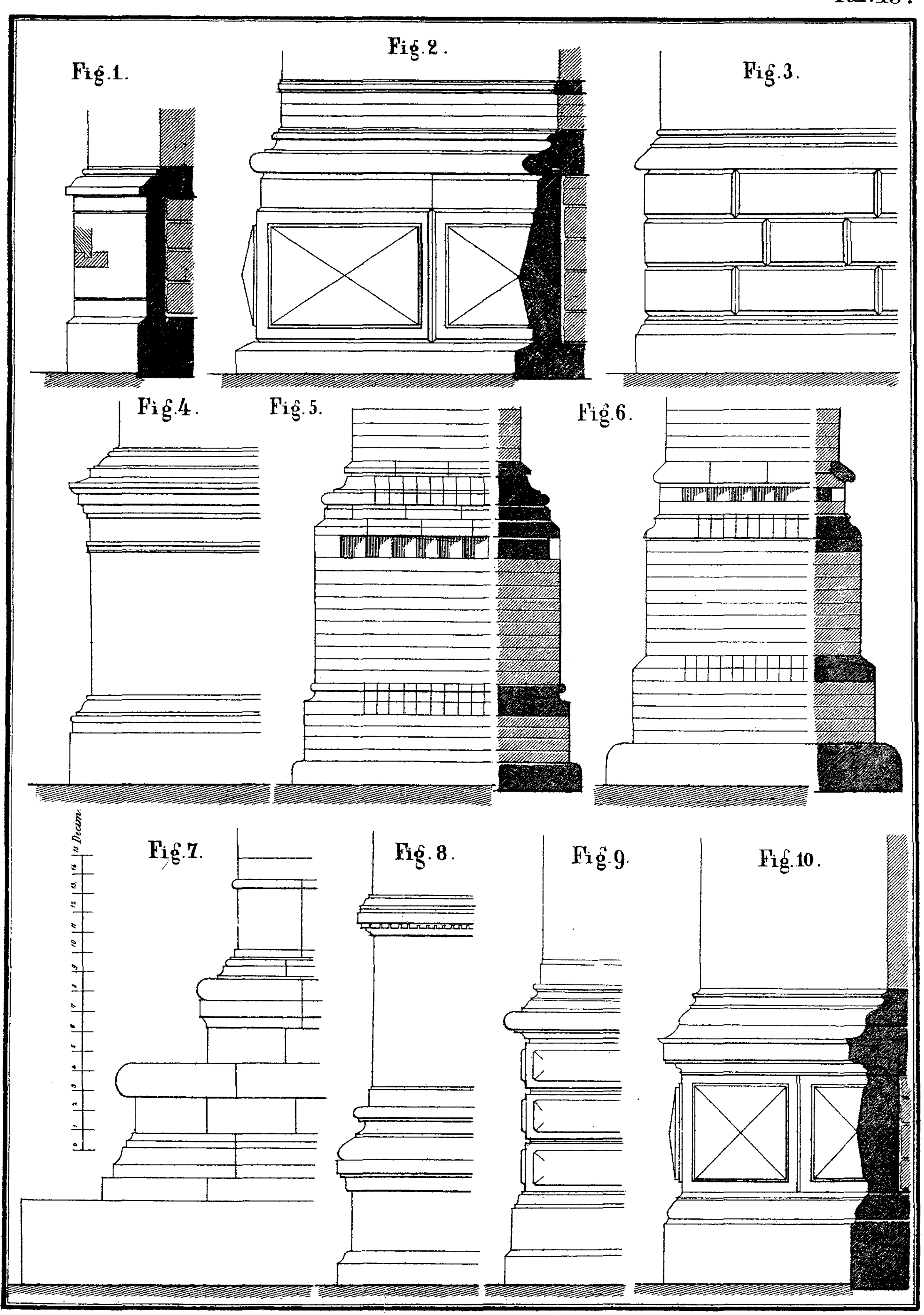


J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

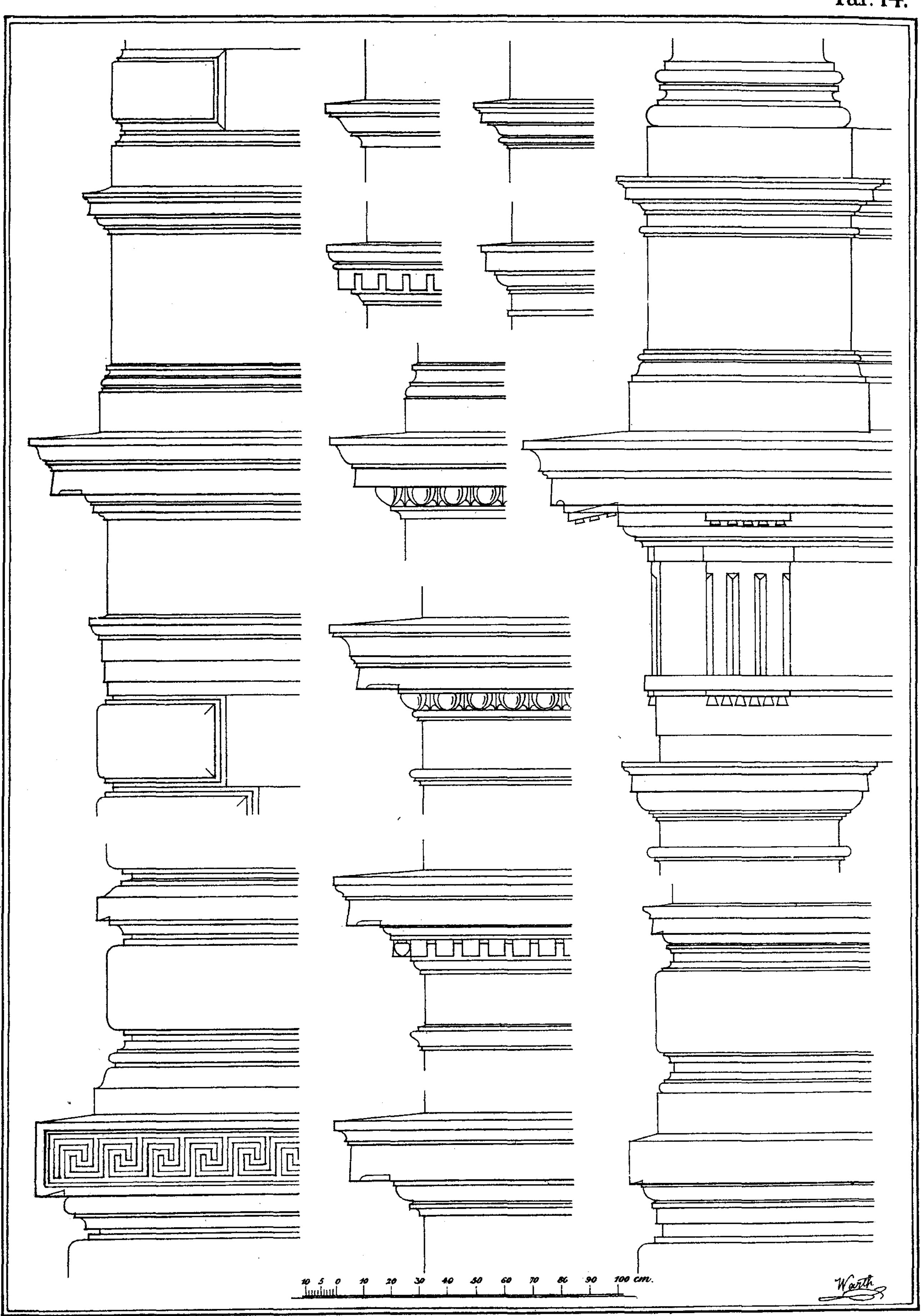


Breymann I. Stein. (7. Aufl.)

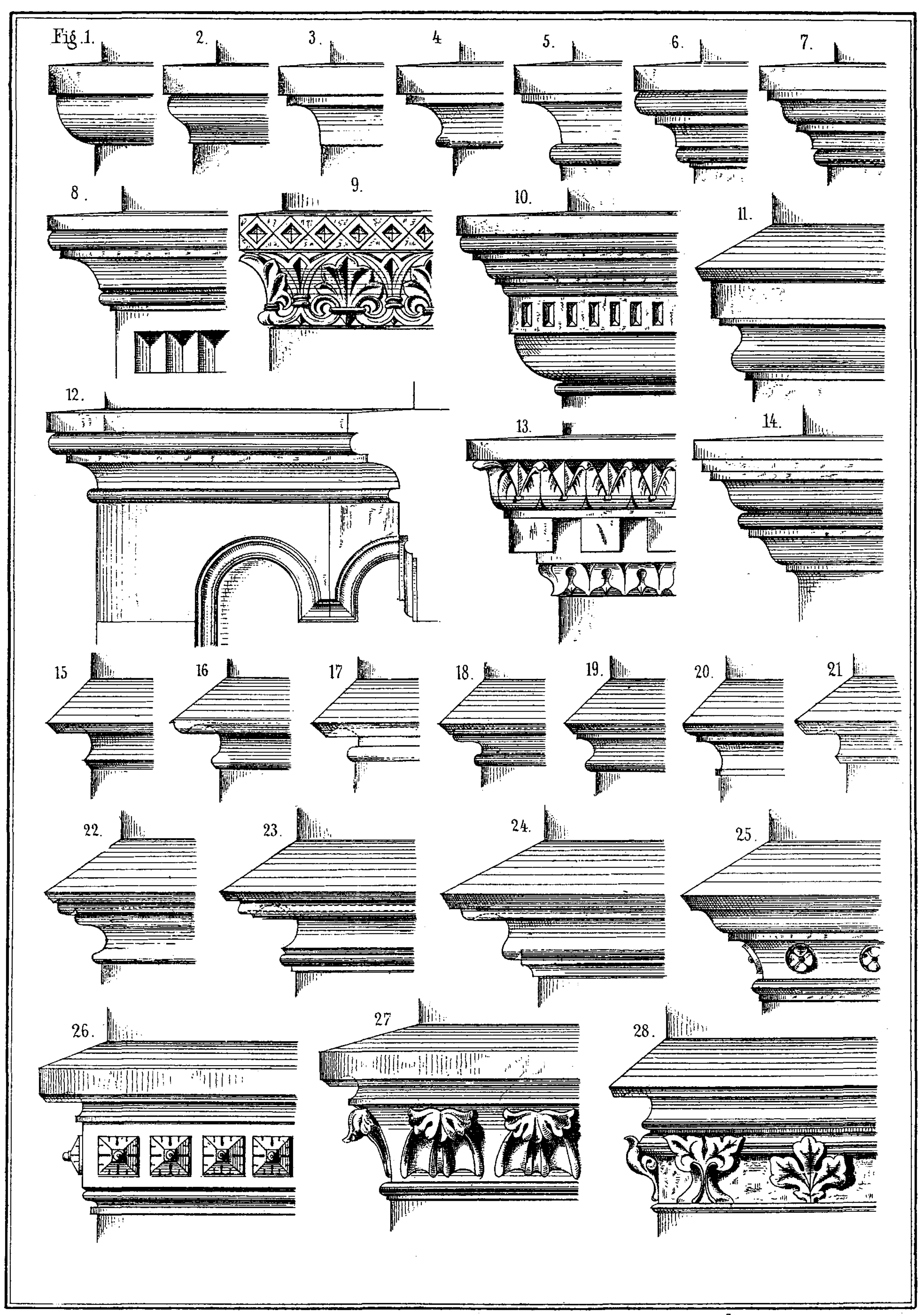
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

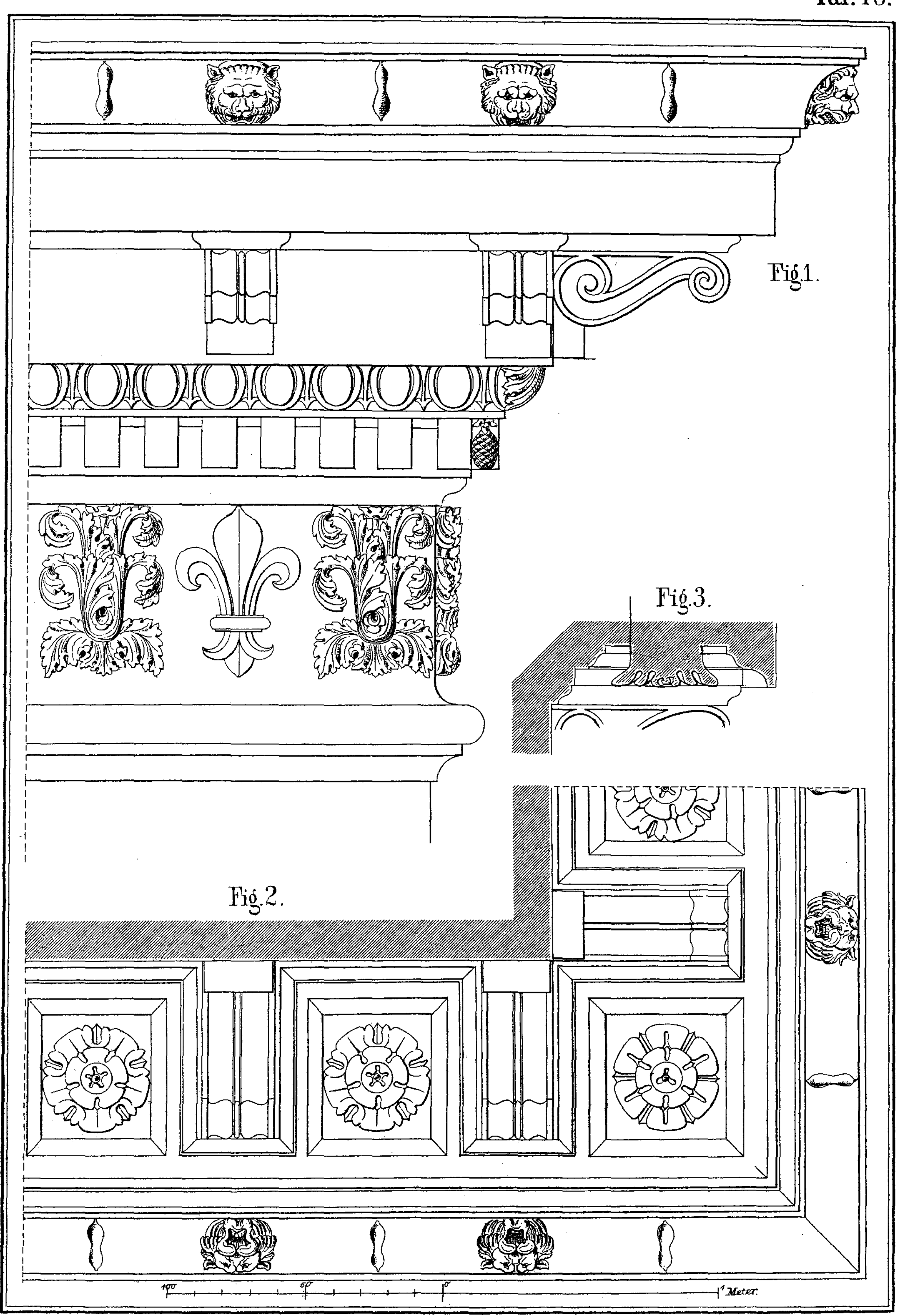


J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

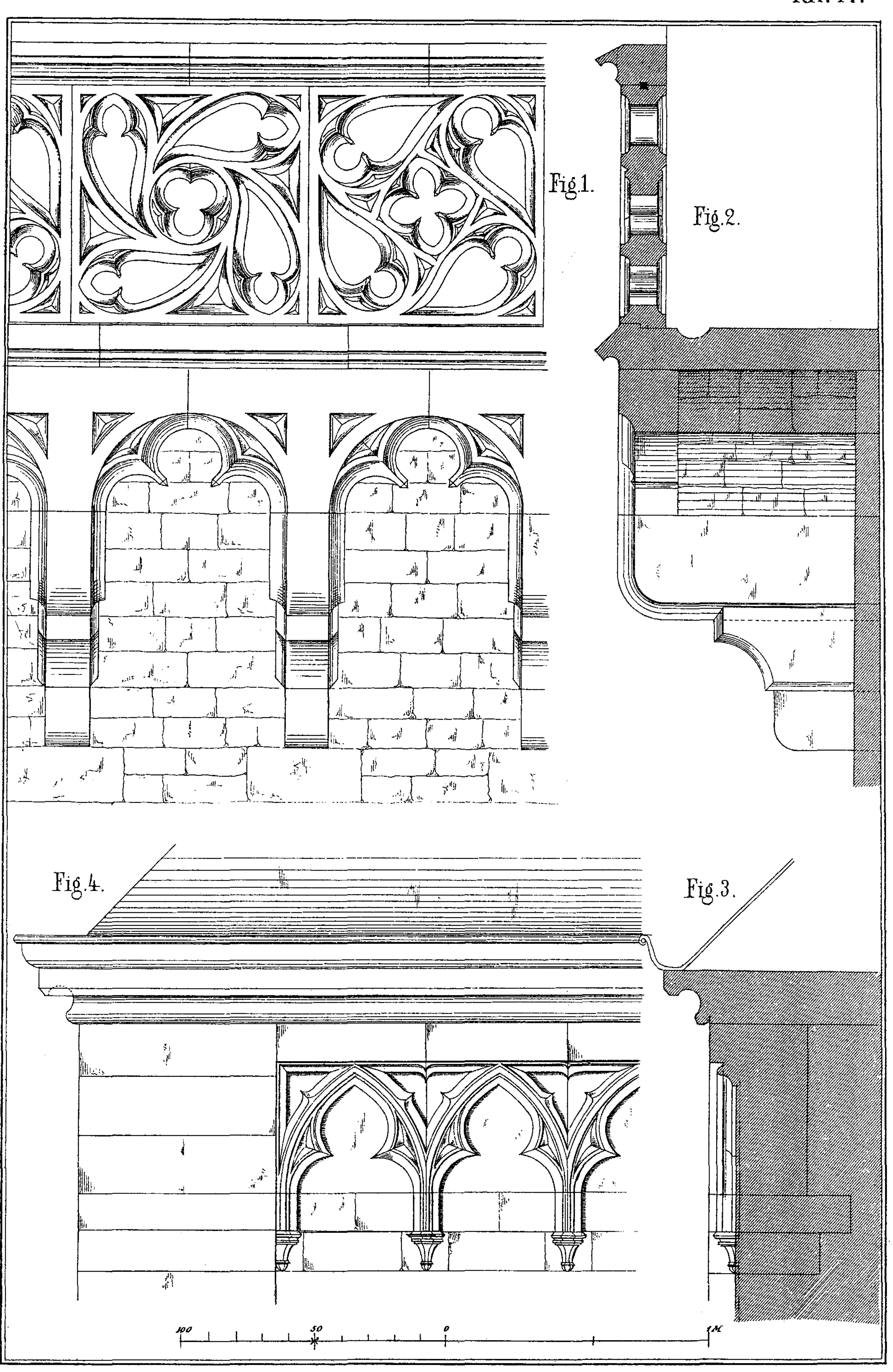


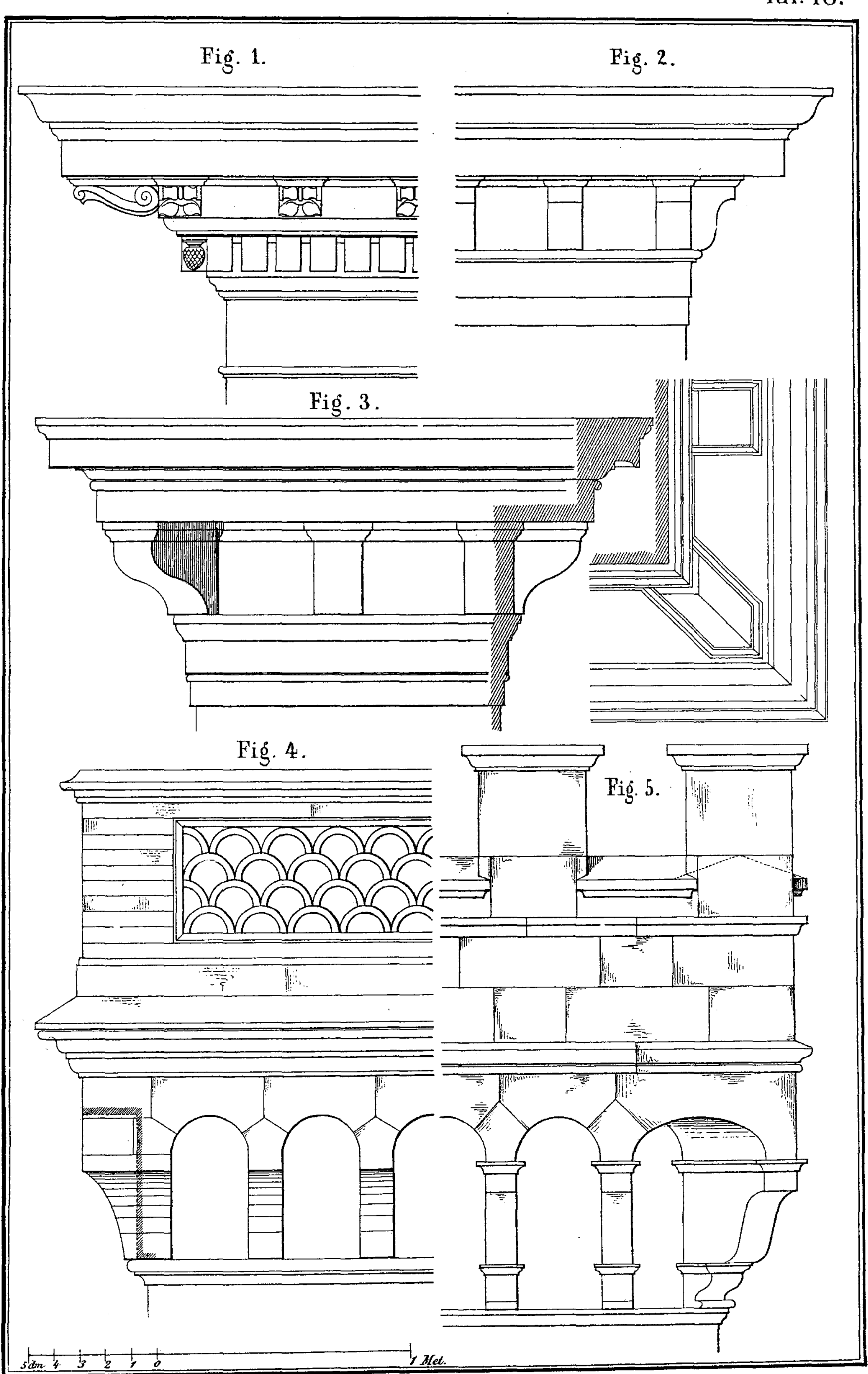
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
2.
3.
4
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15
16
17
18.
19.
20.
21
22.
23.
24.
25.
26.
27
28.

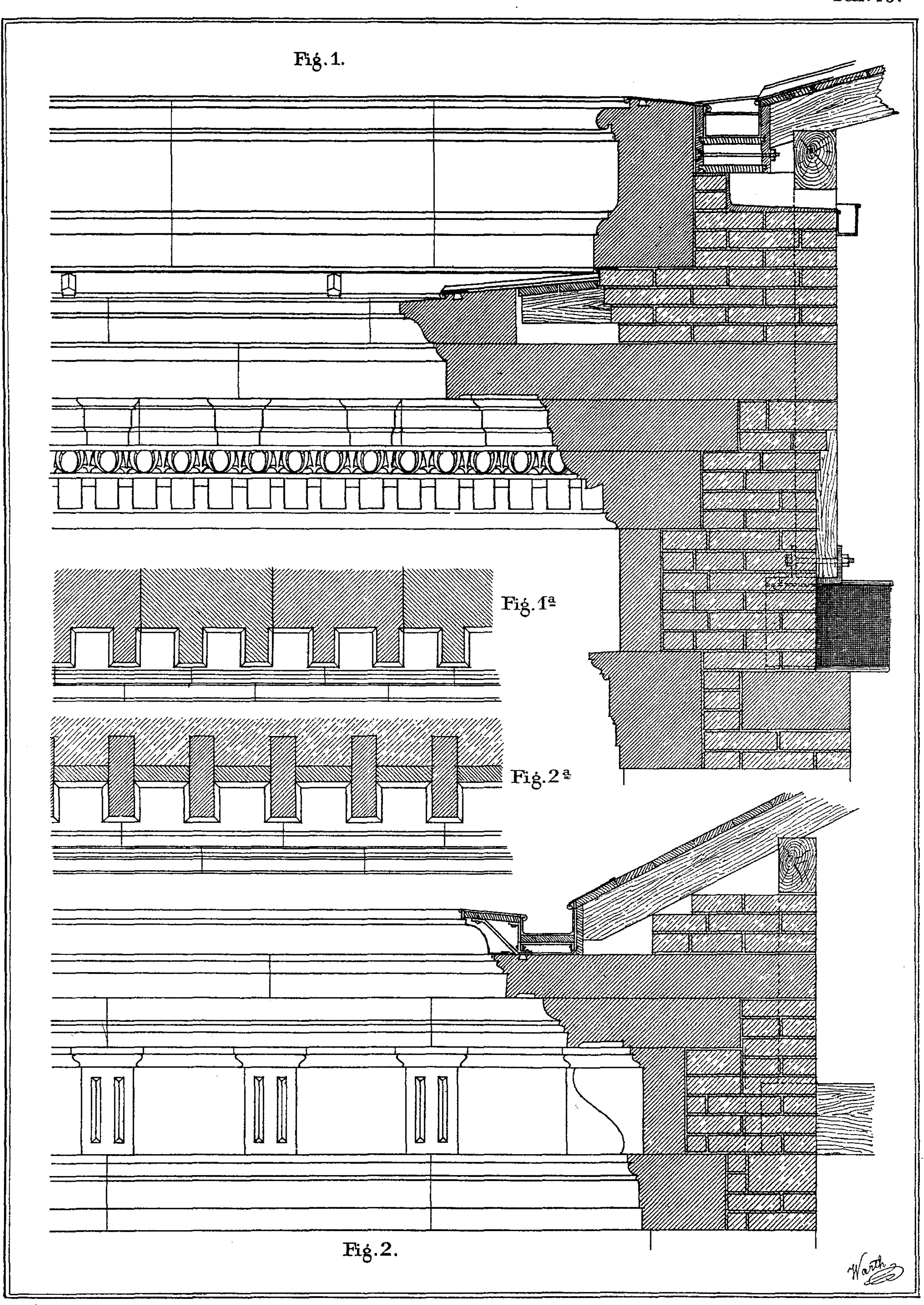


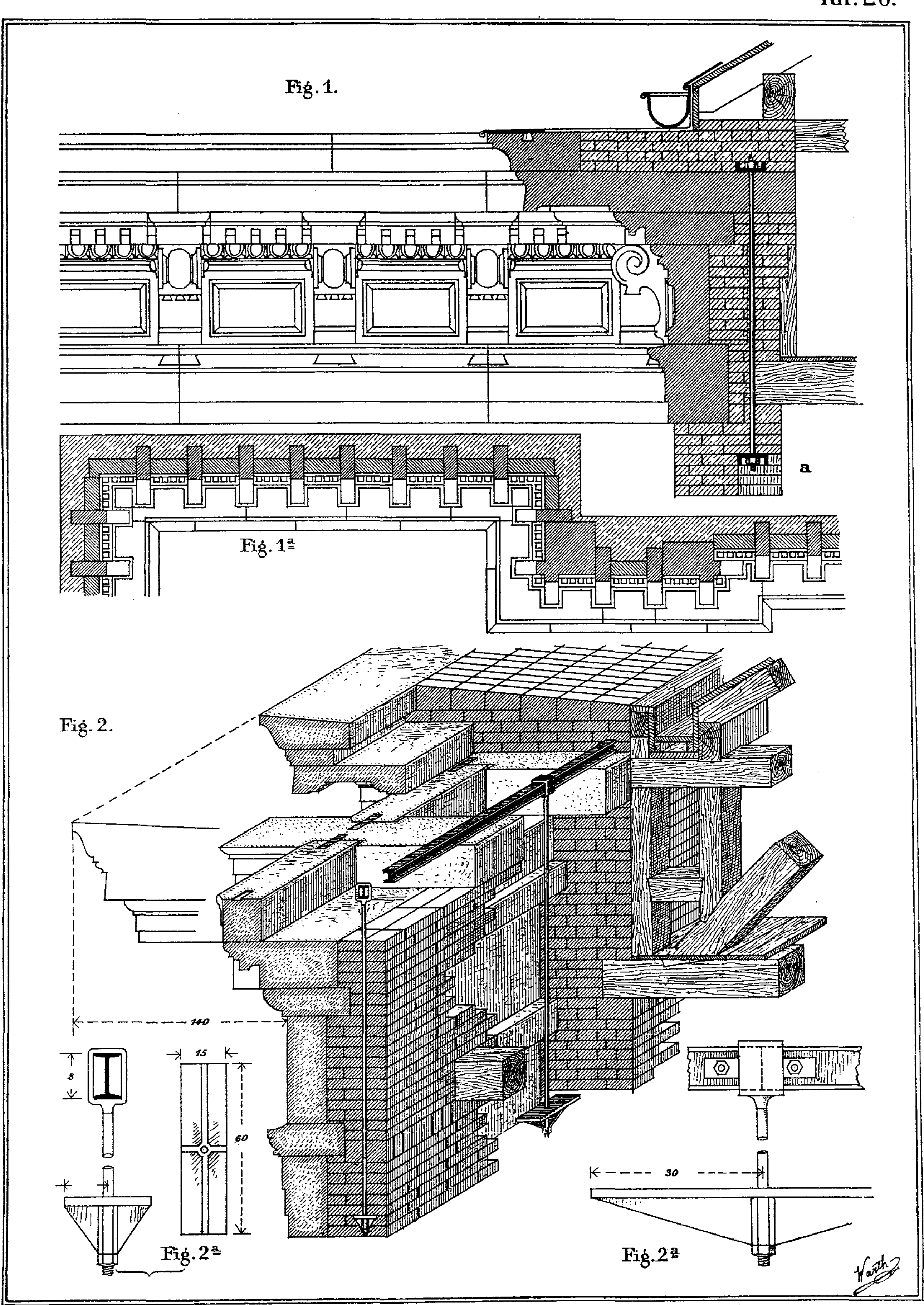
 J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 3.
100
50
0
1 M

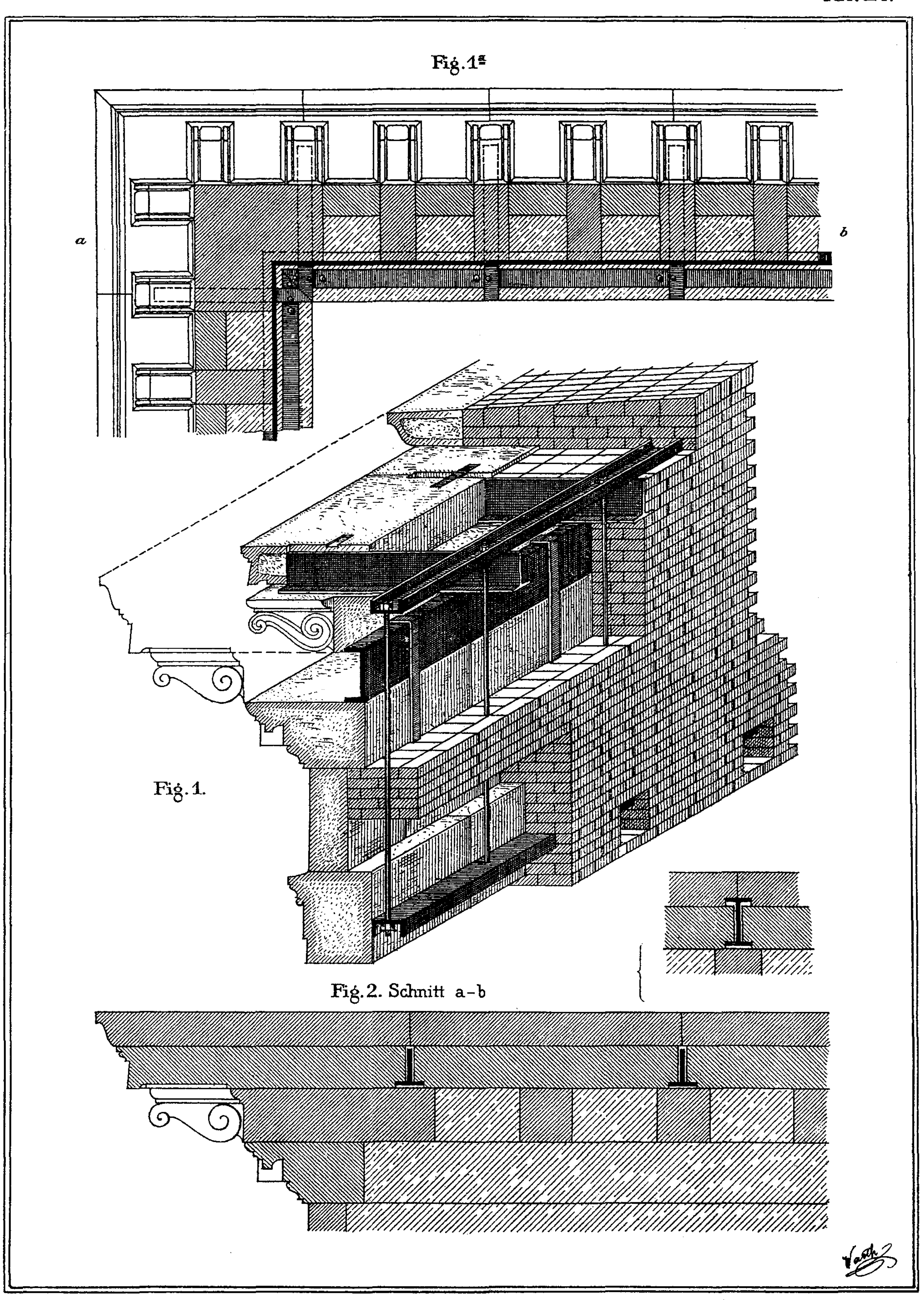


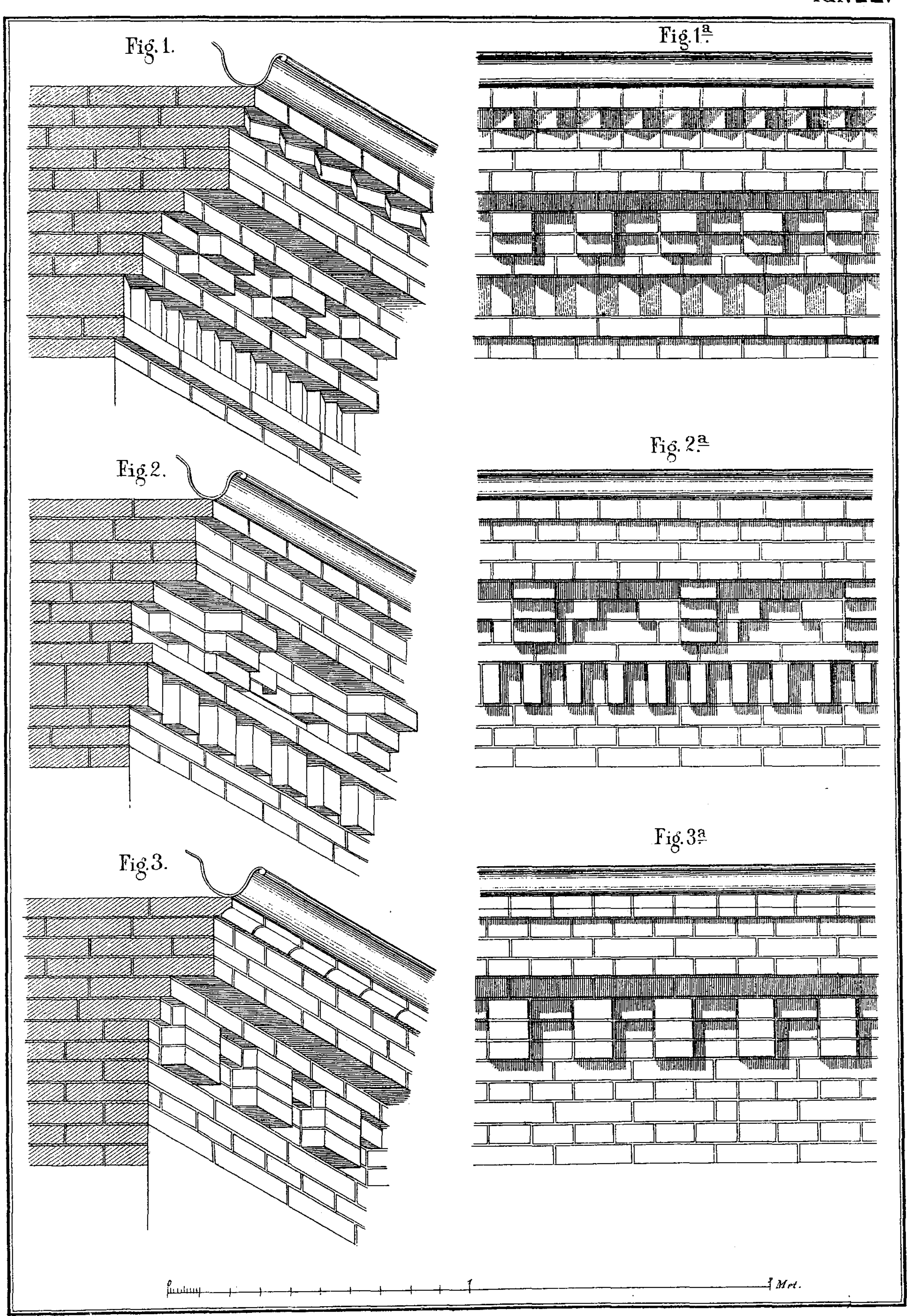
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
Fig. 1a
Fig. 2a
Fig. 2.
Warth

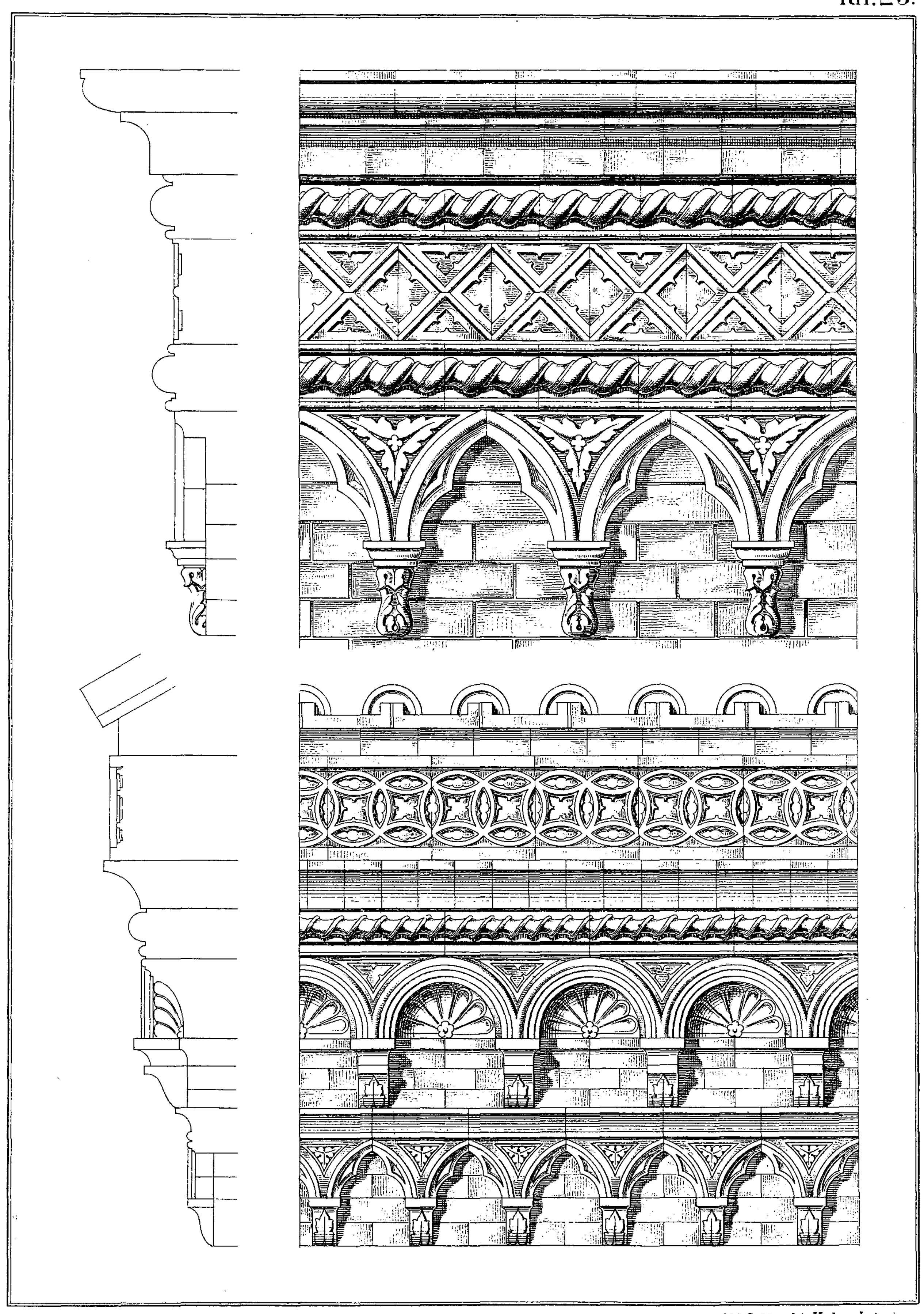


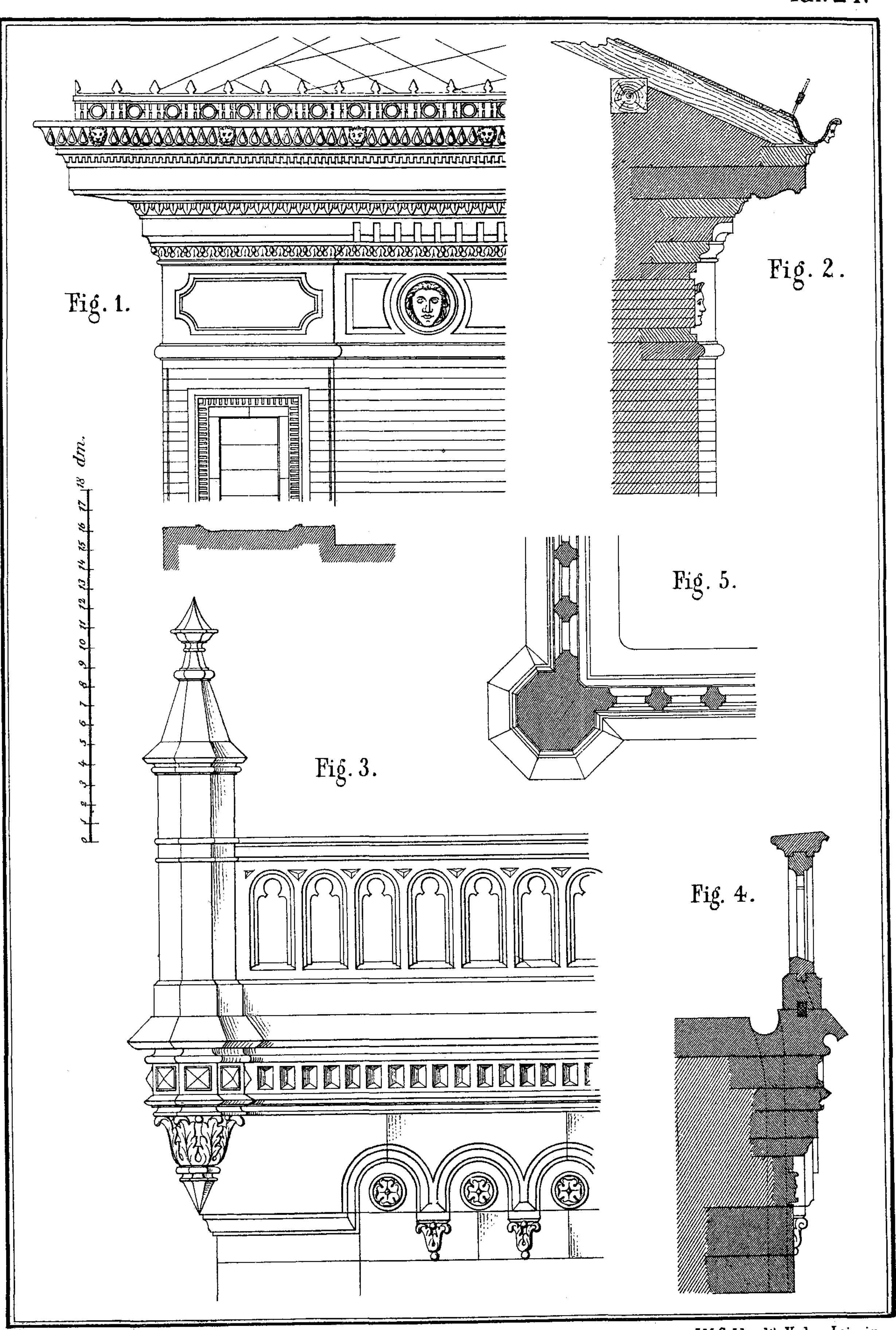
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1a
a
b
Fig. 1.
Fig. 2. Schnitt a-b

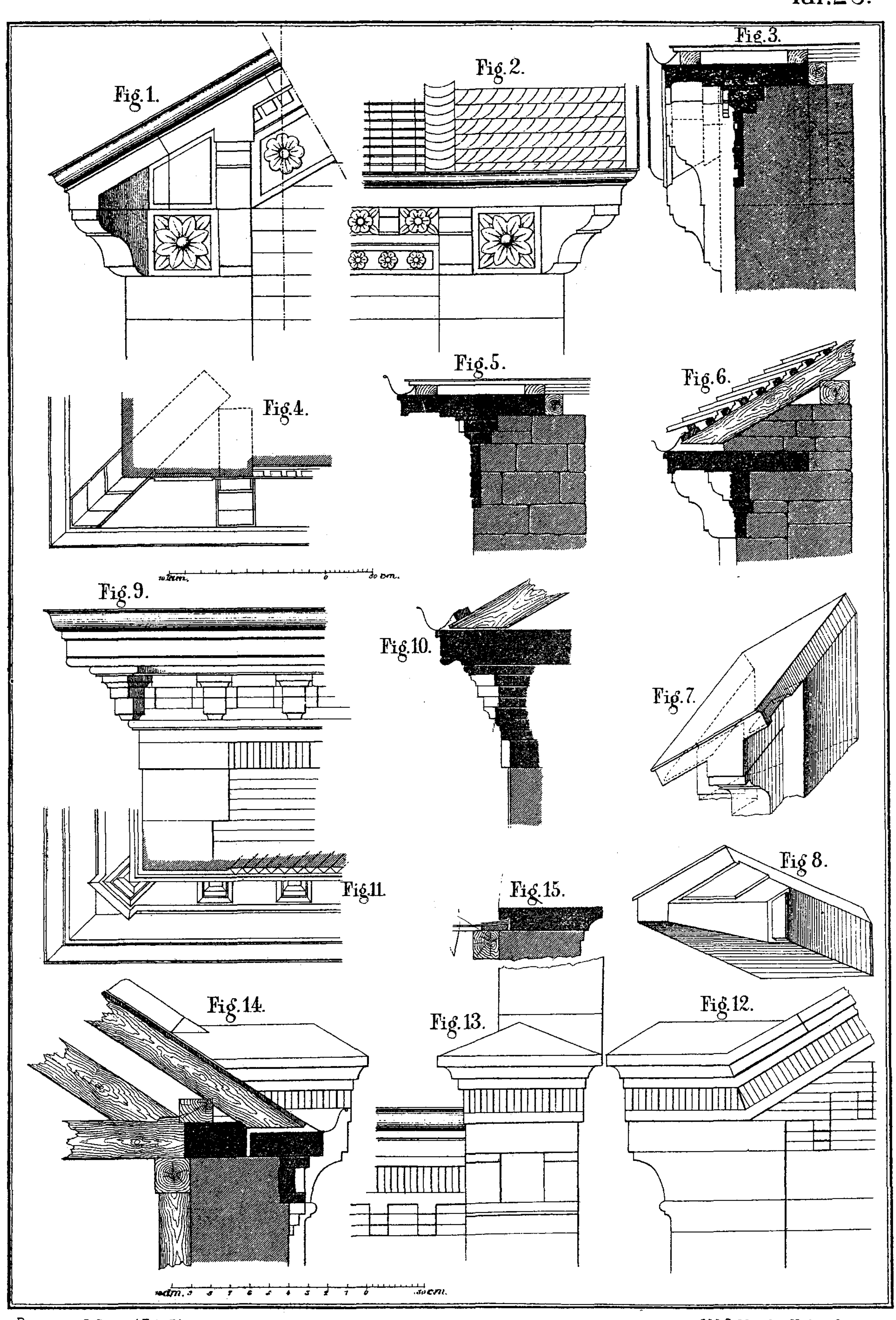


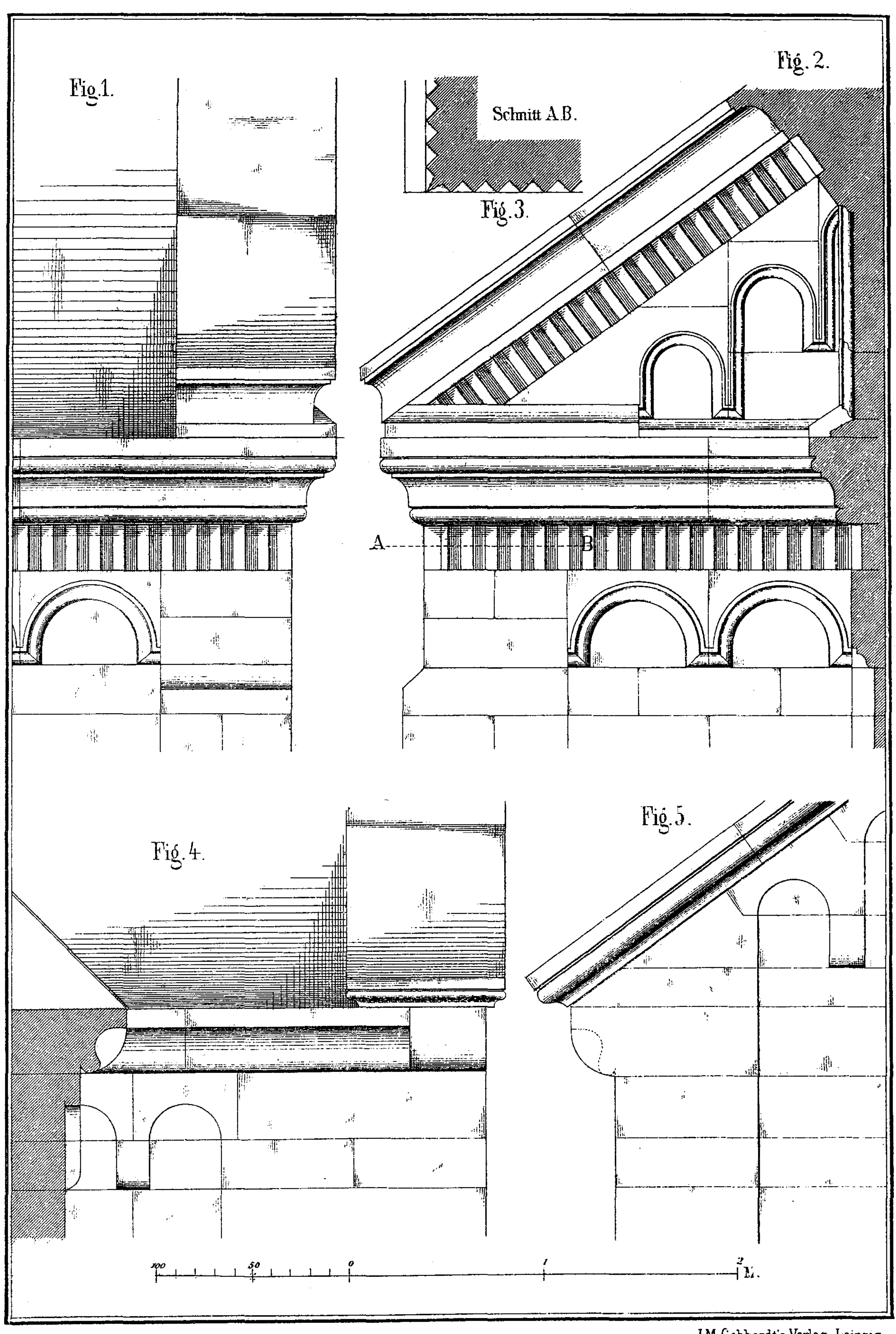
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



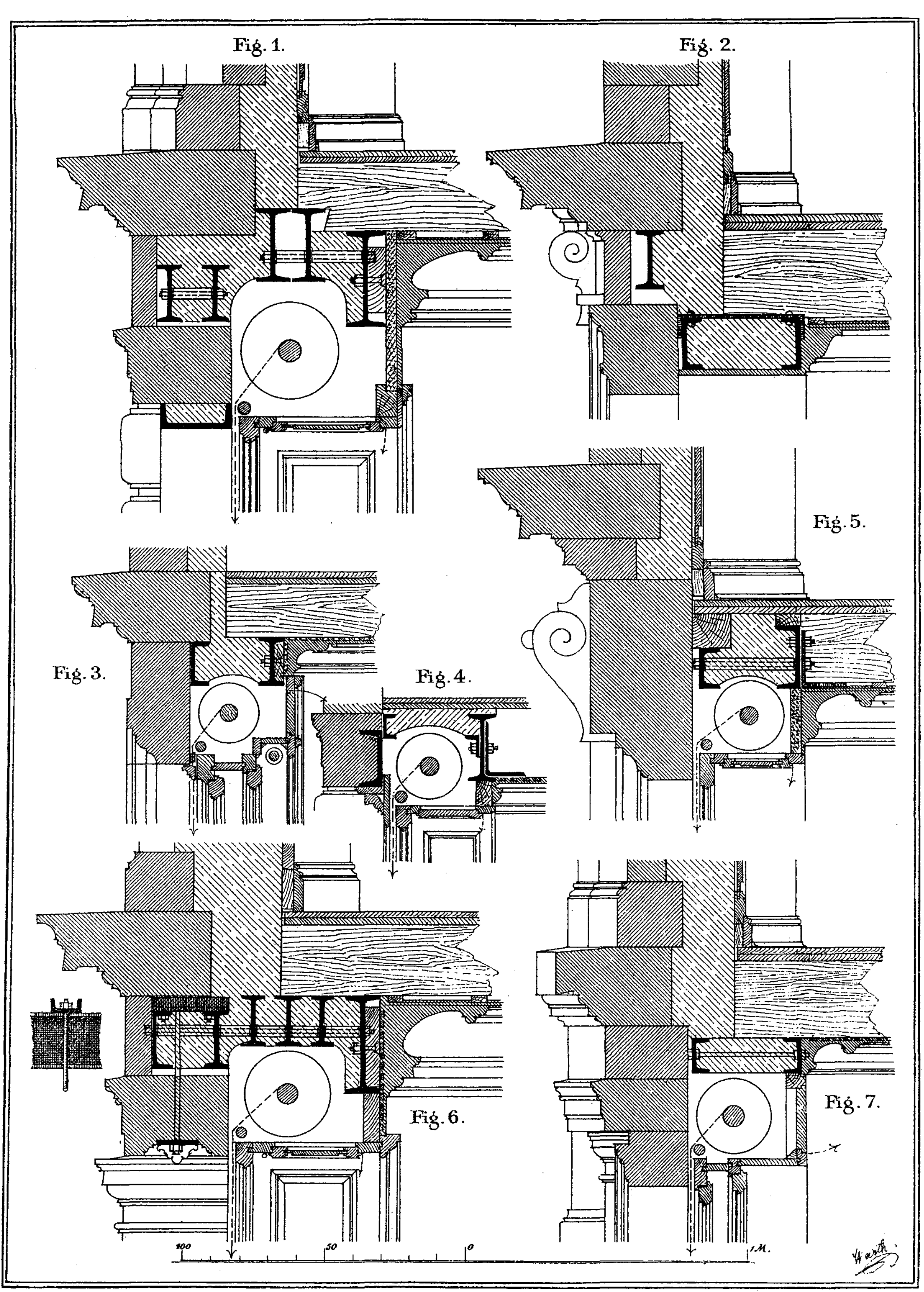


J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

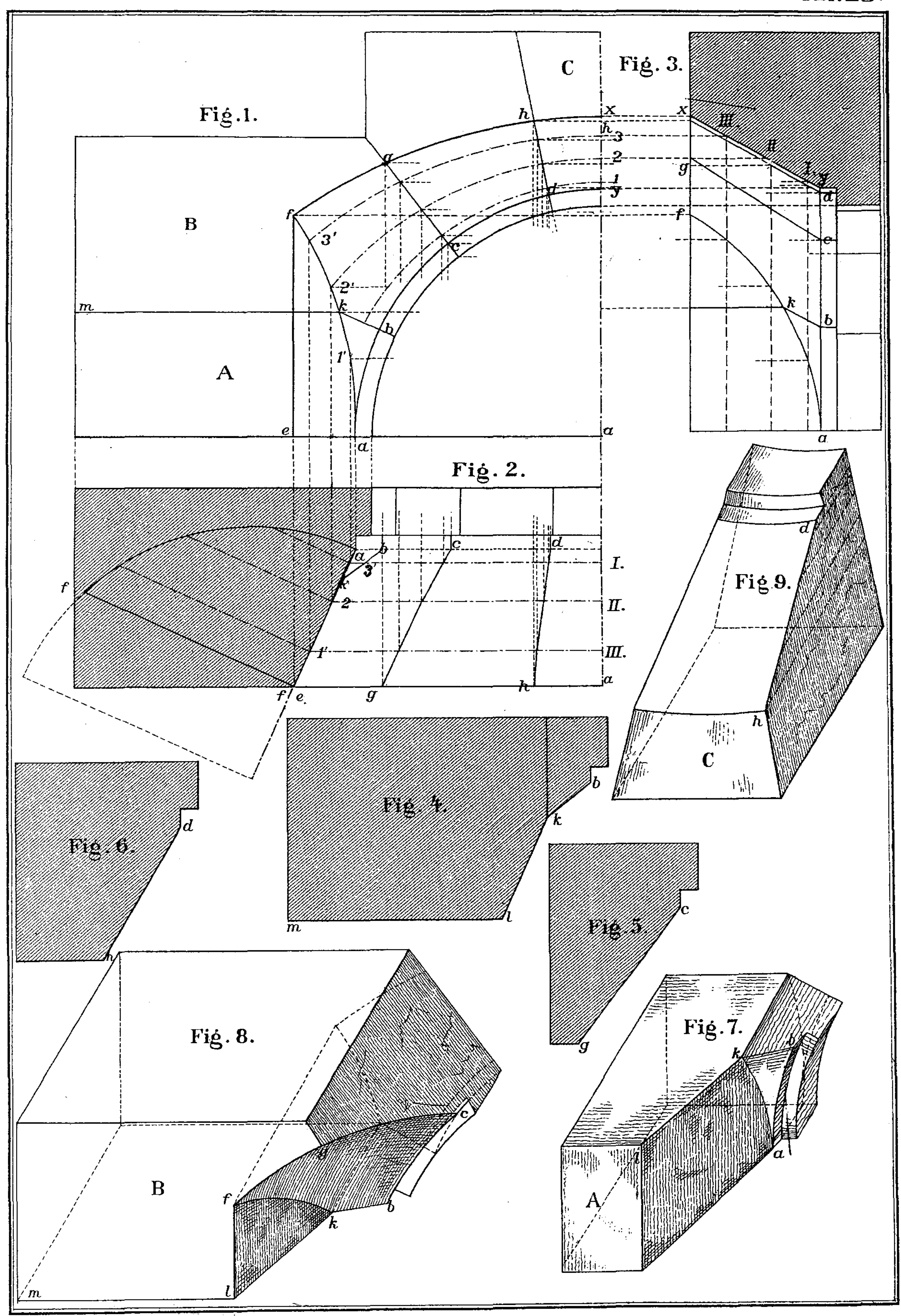

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag. Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

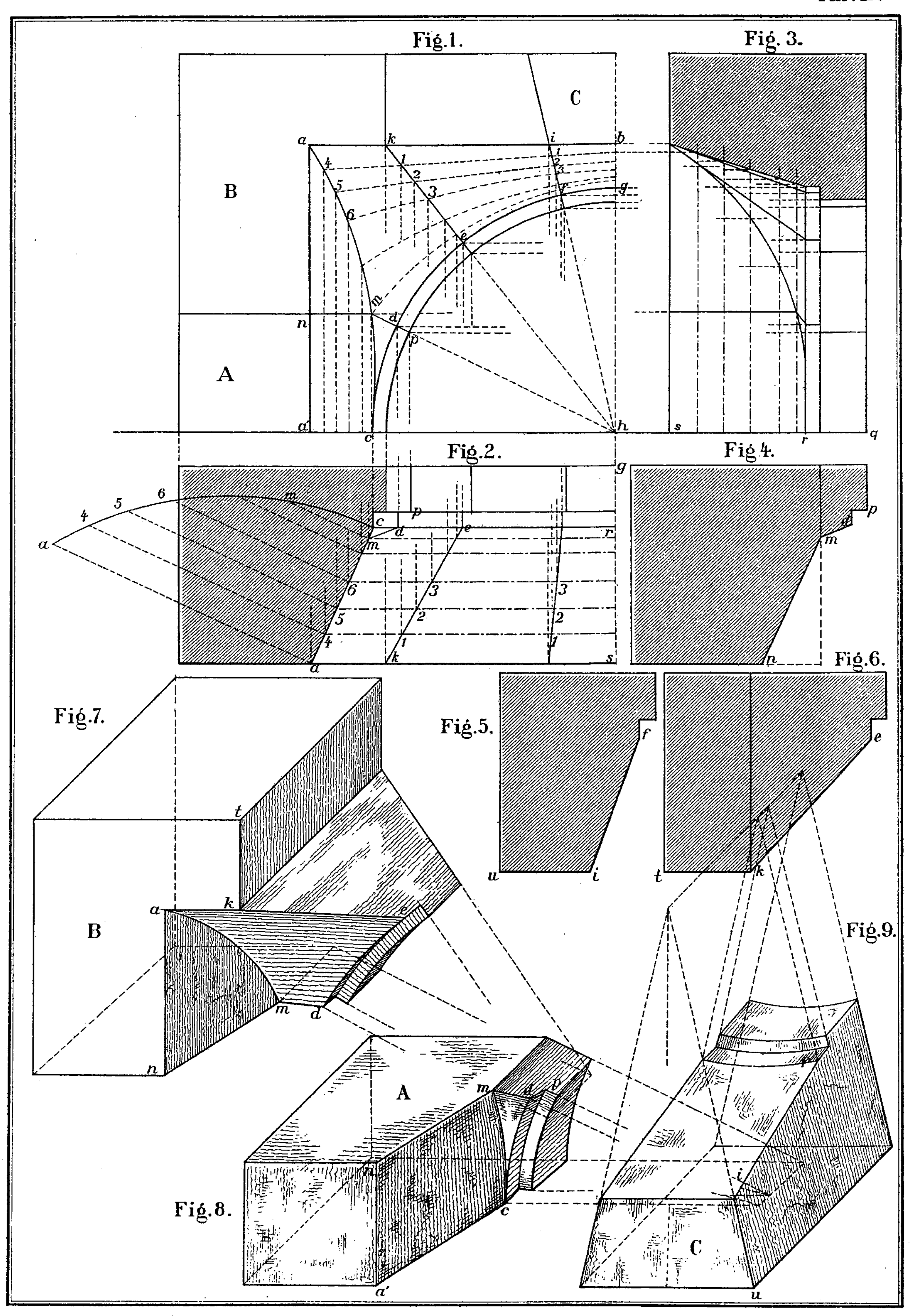
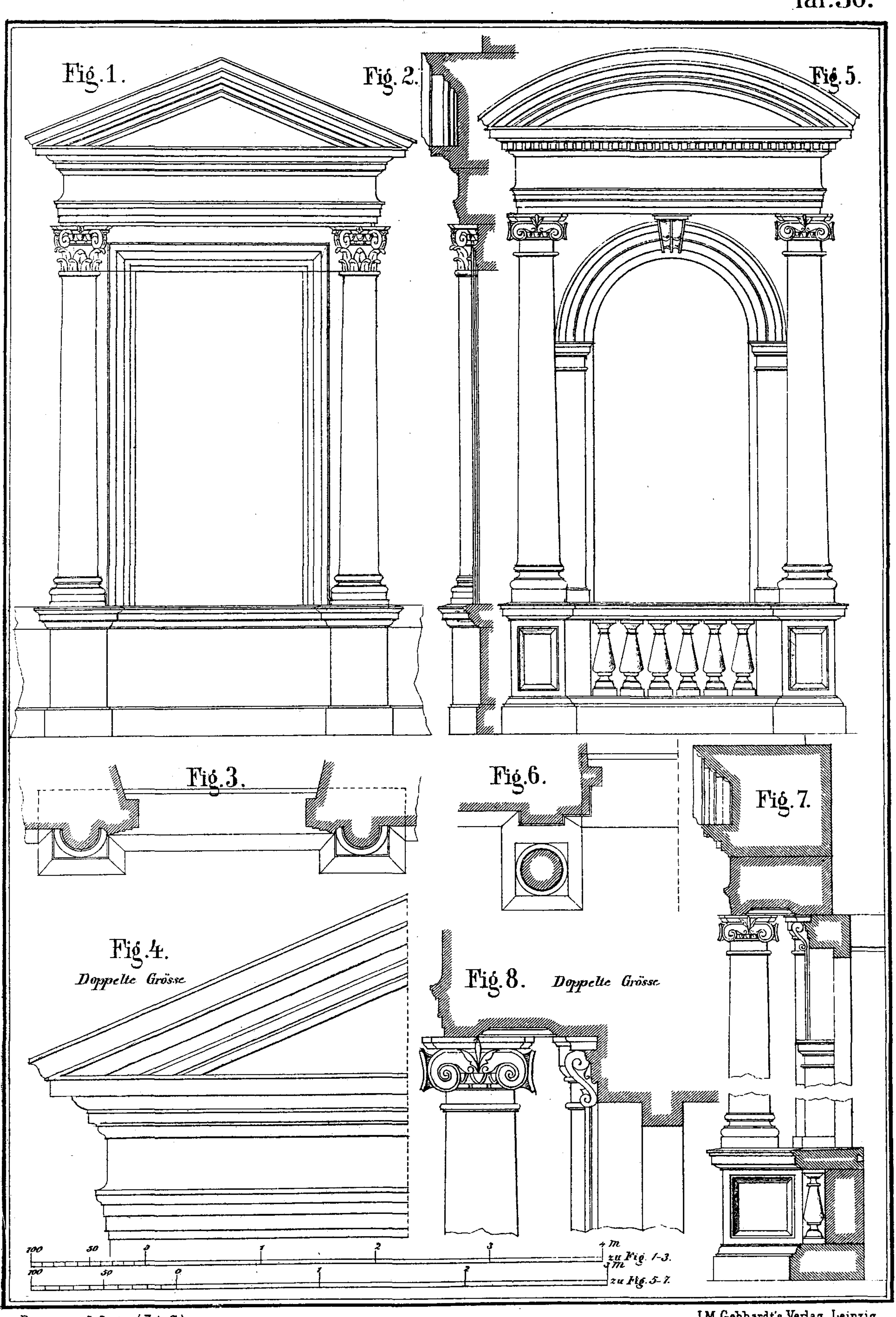
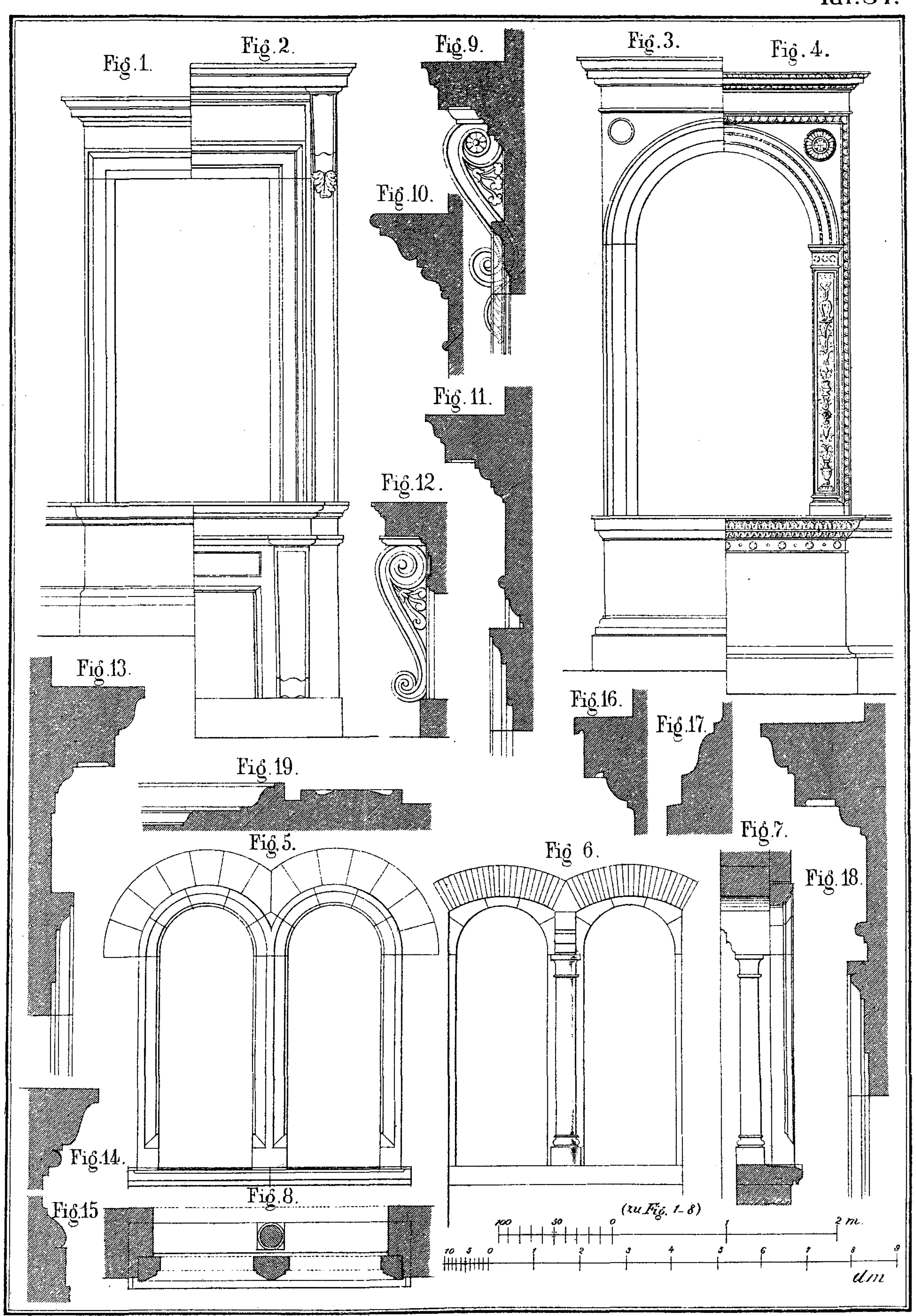


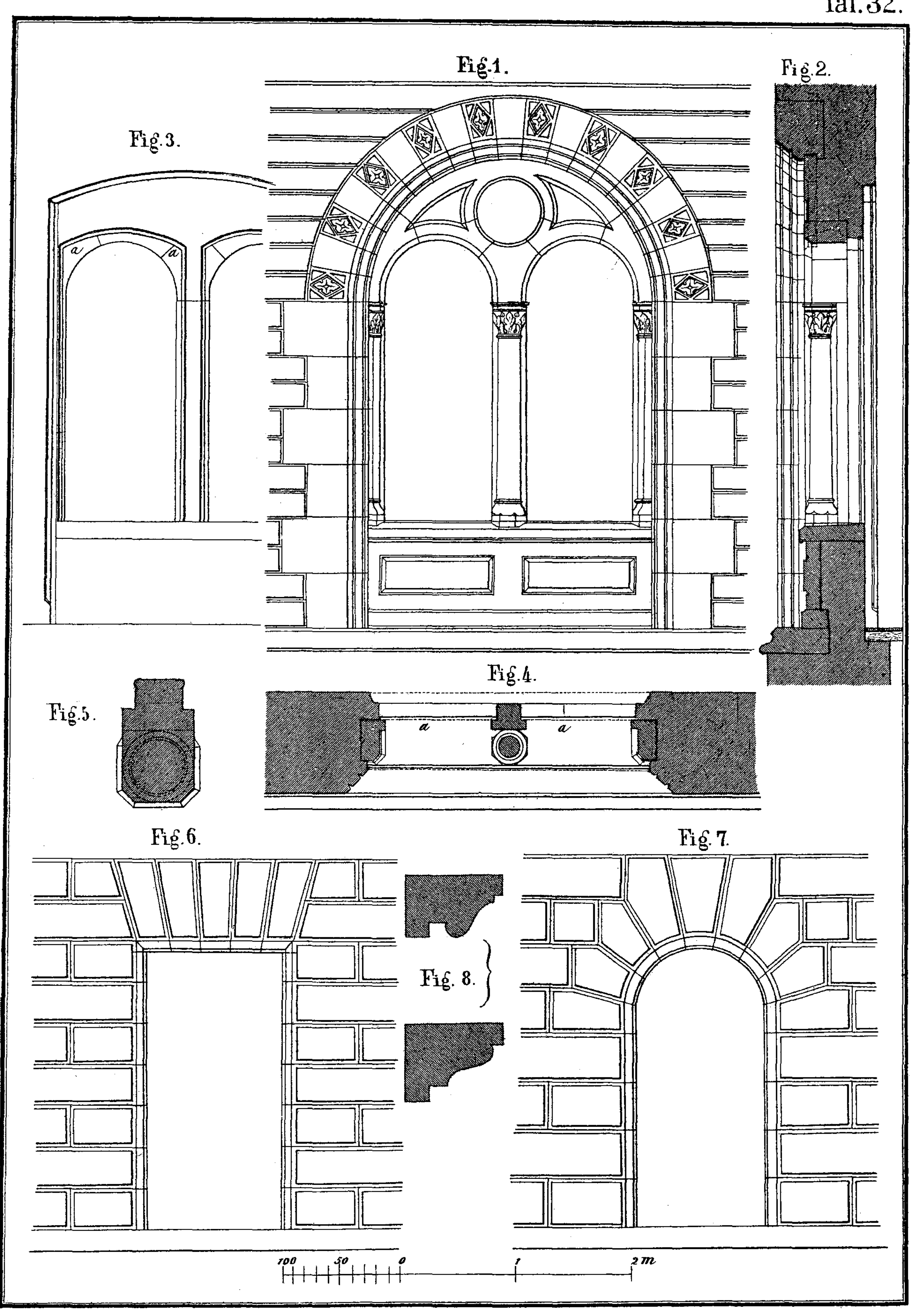
Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
A
B
C



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



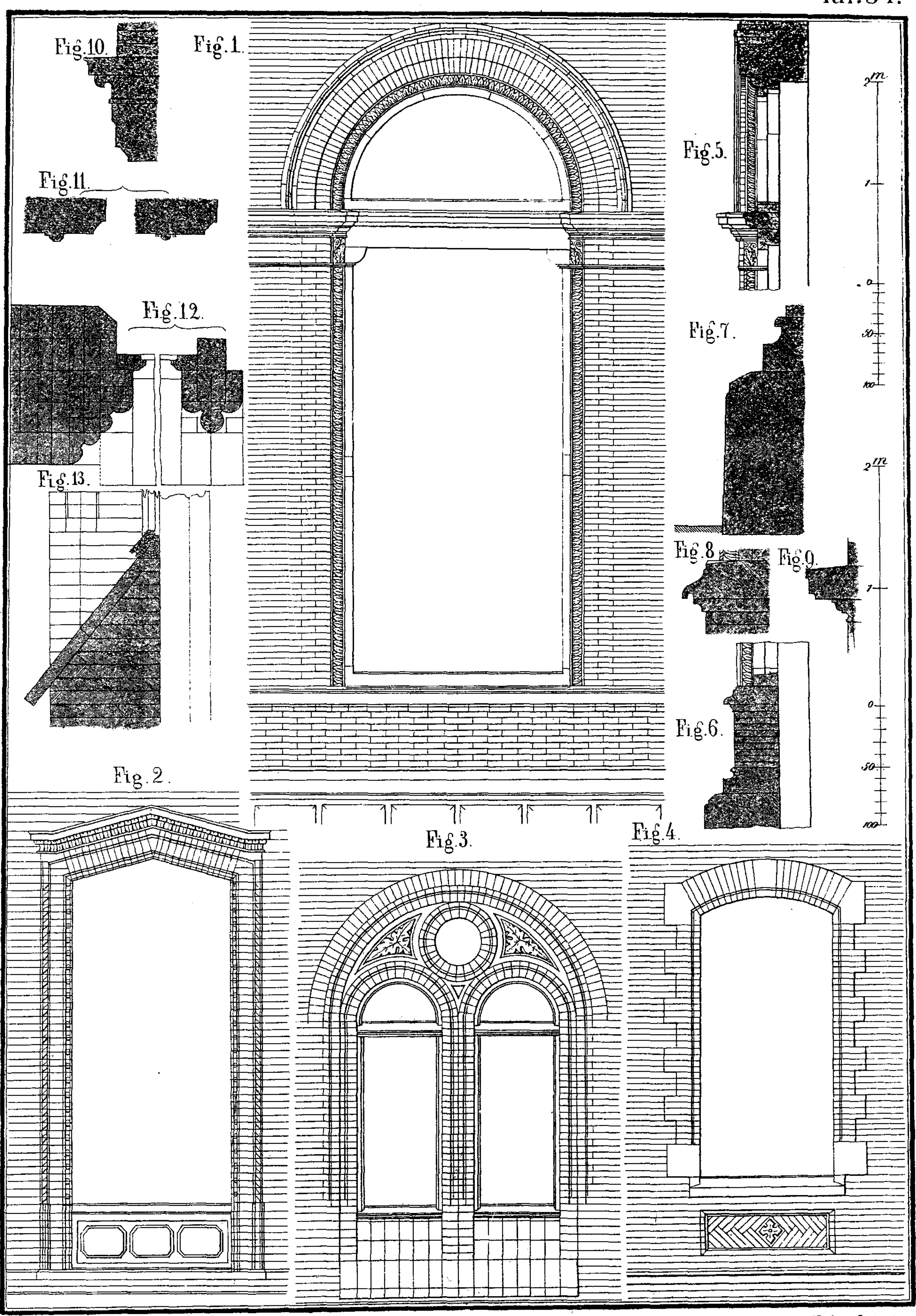
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



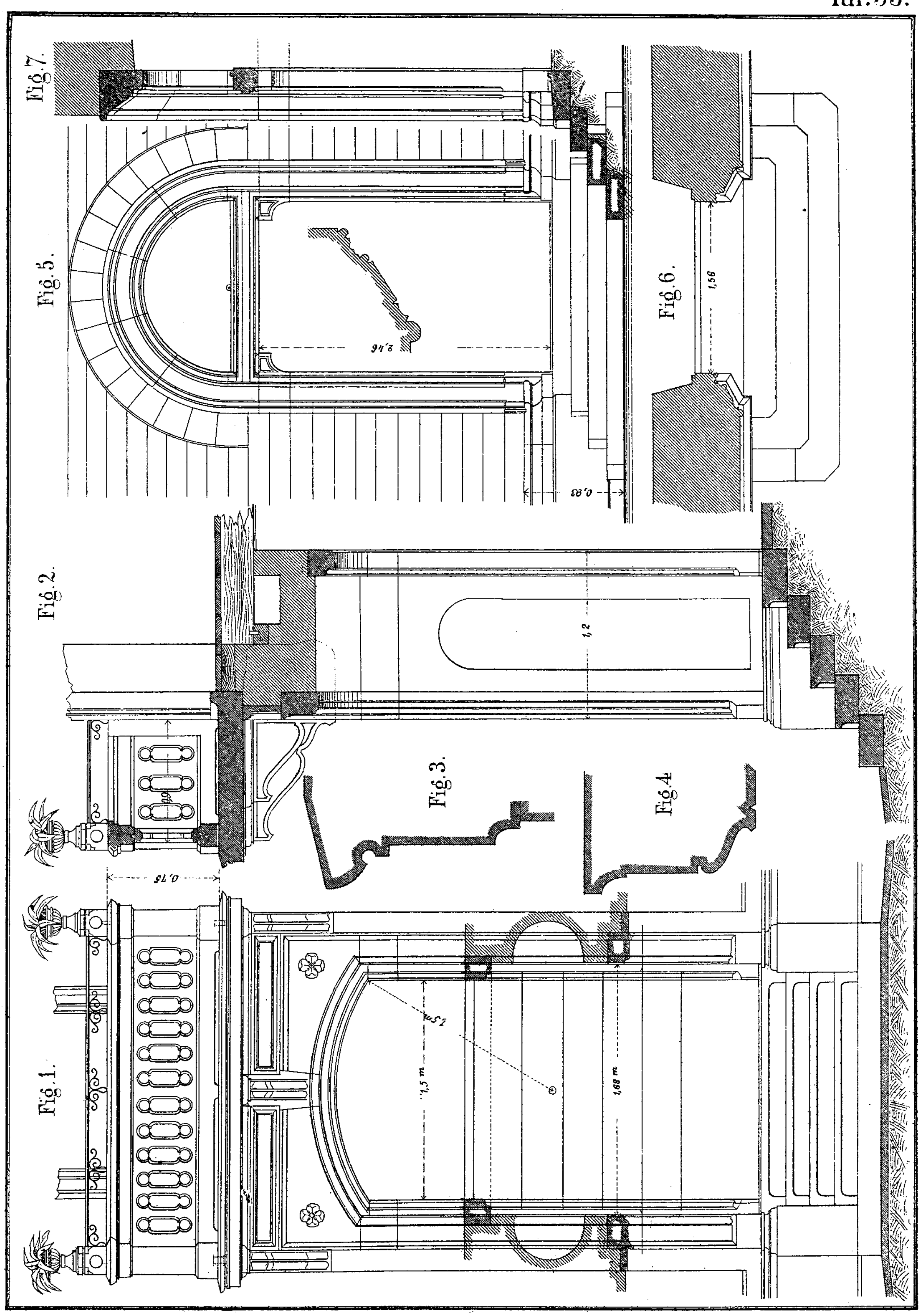
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



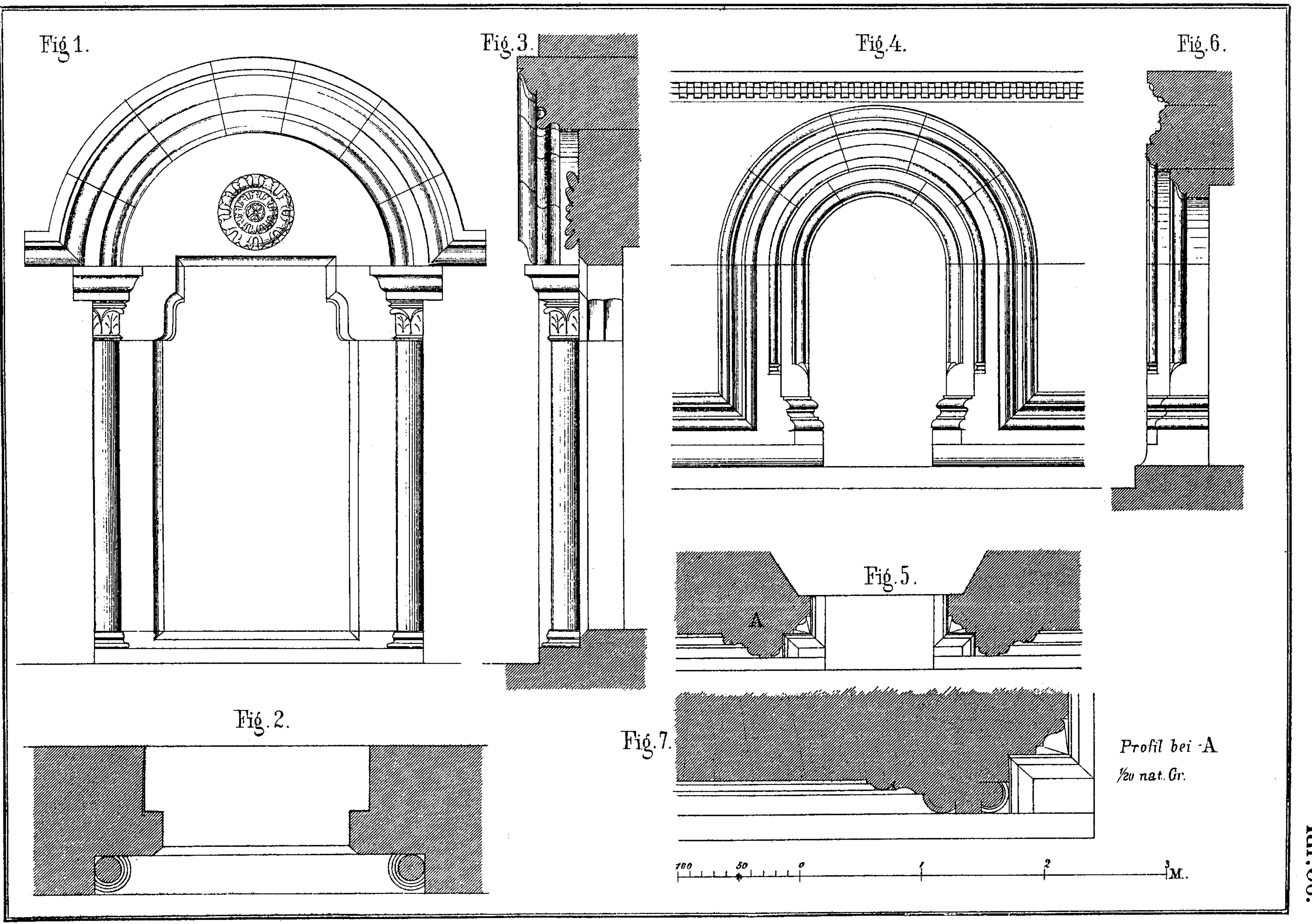
Breymann I. Stein (7. Aufl.) J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



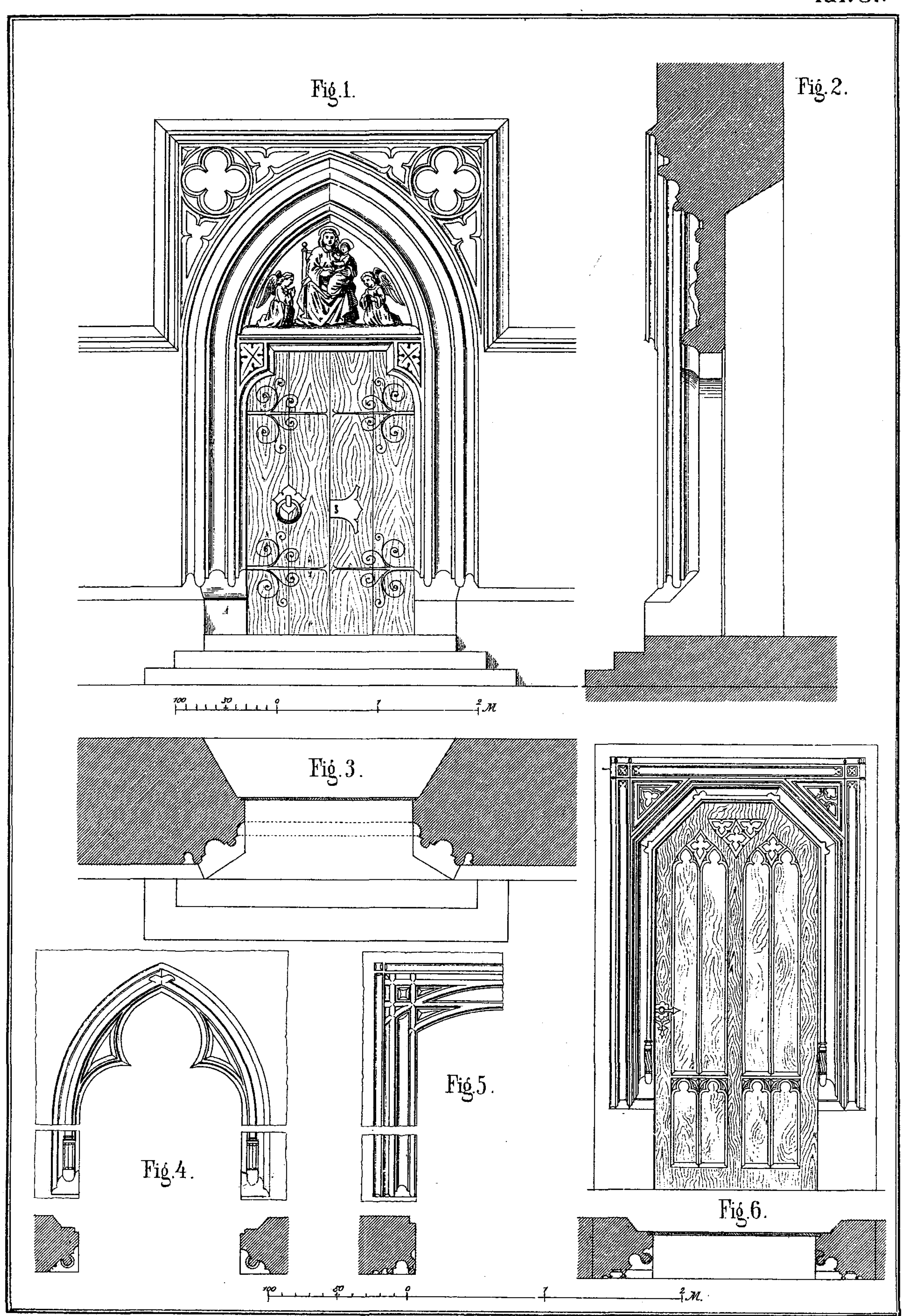
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



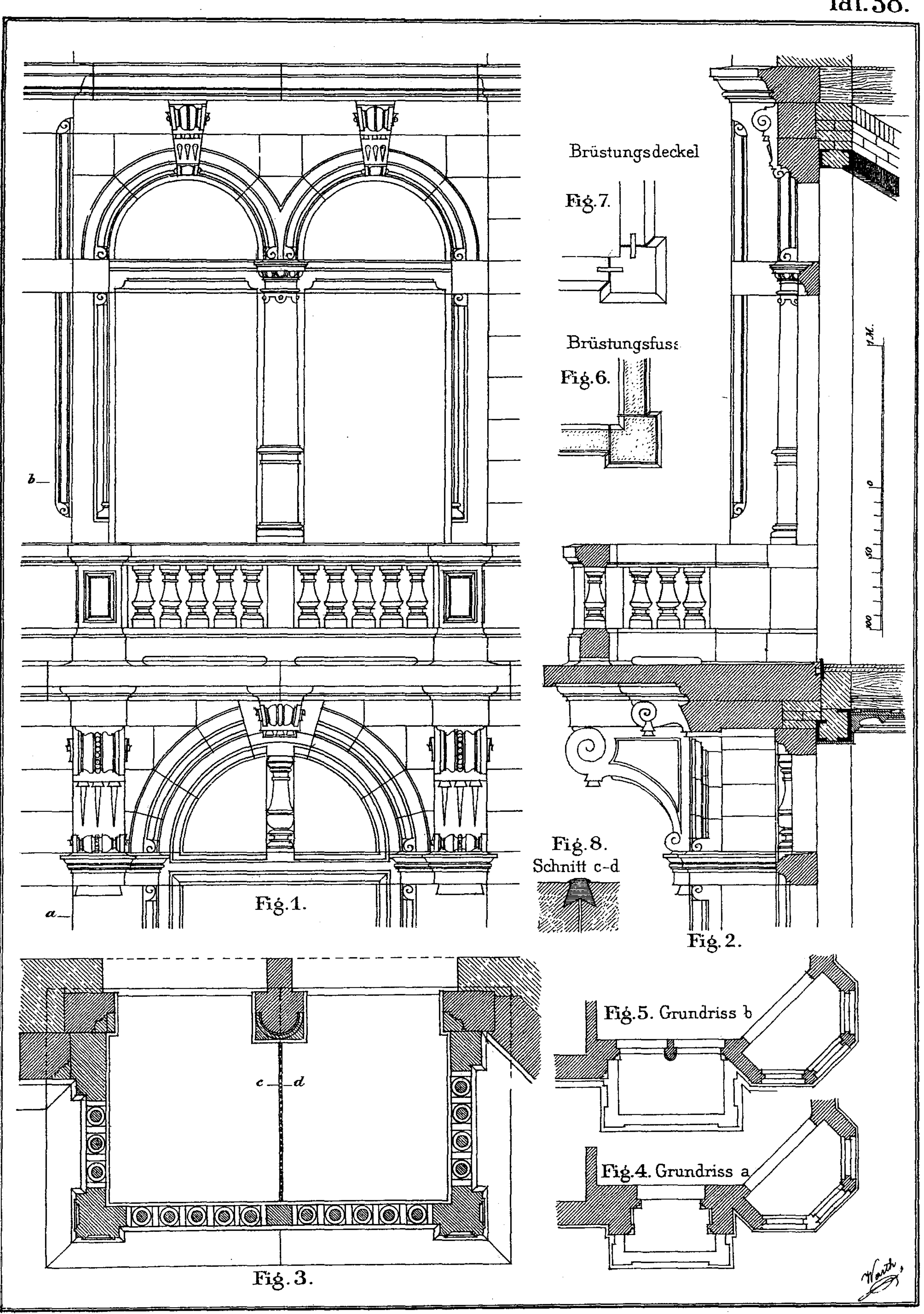
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



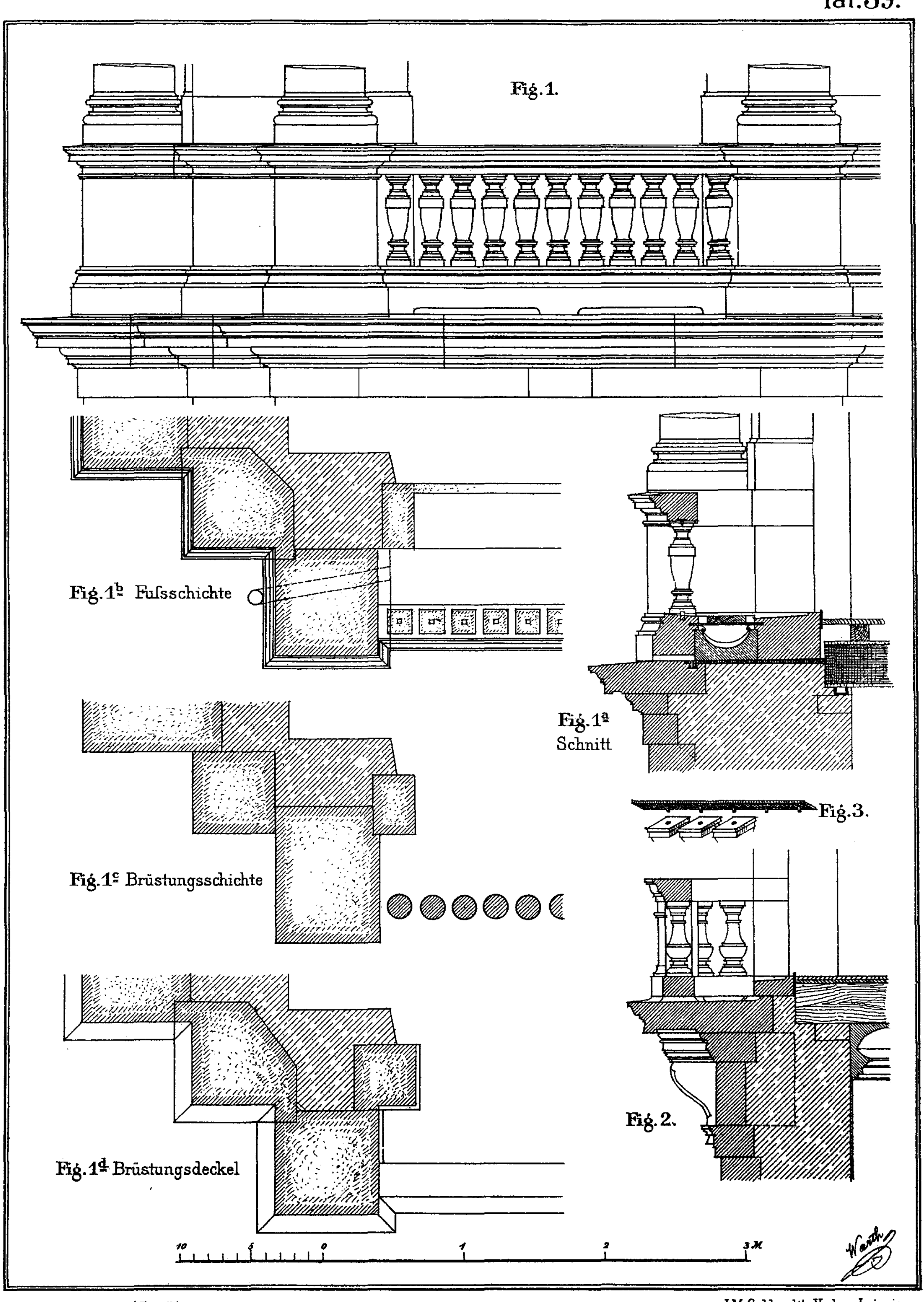
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



 J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

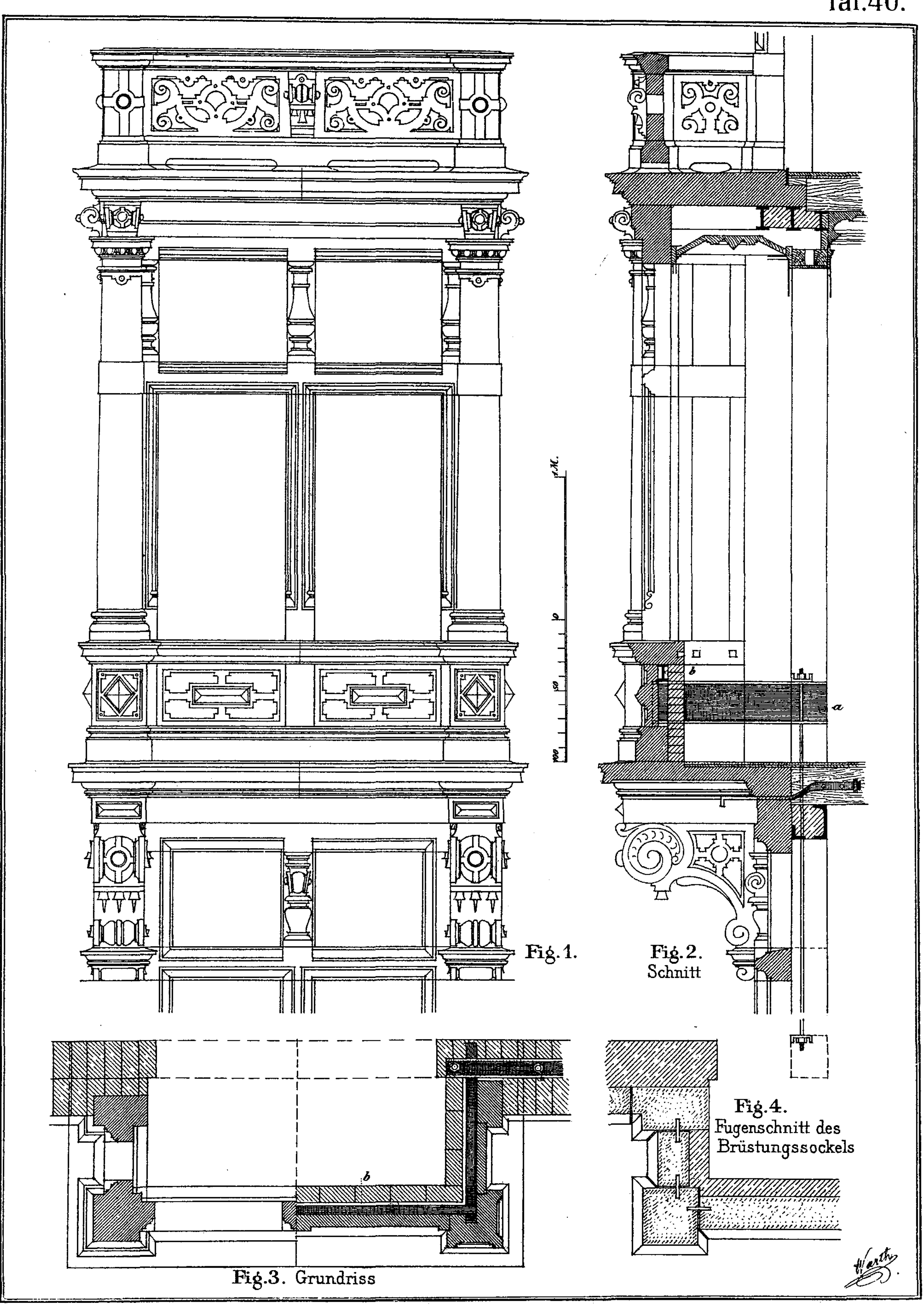


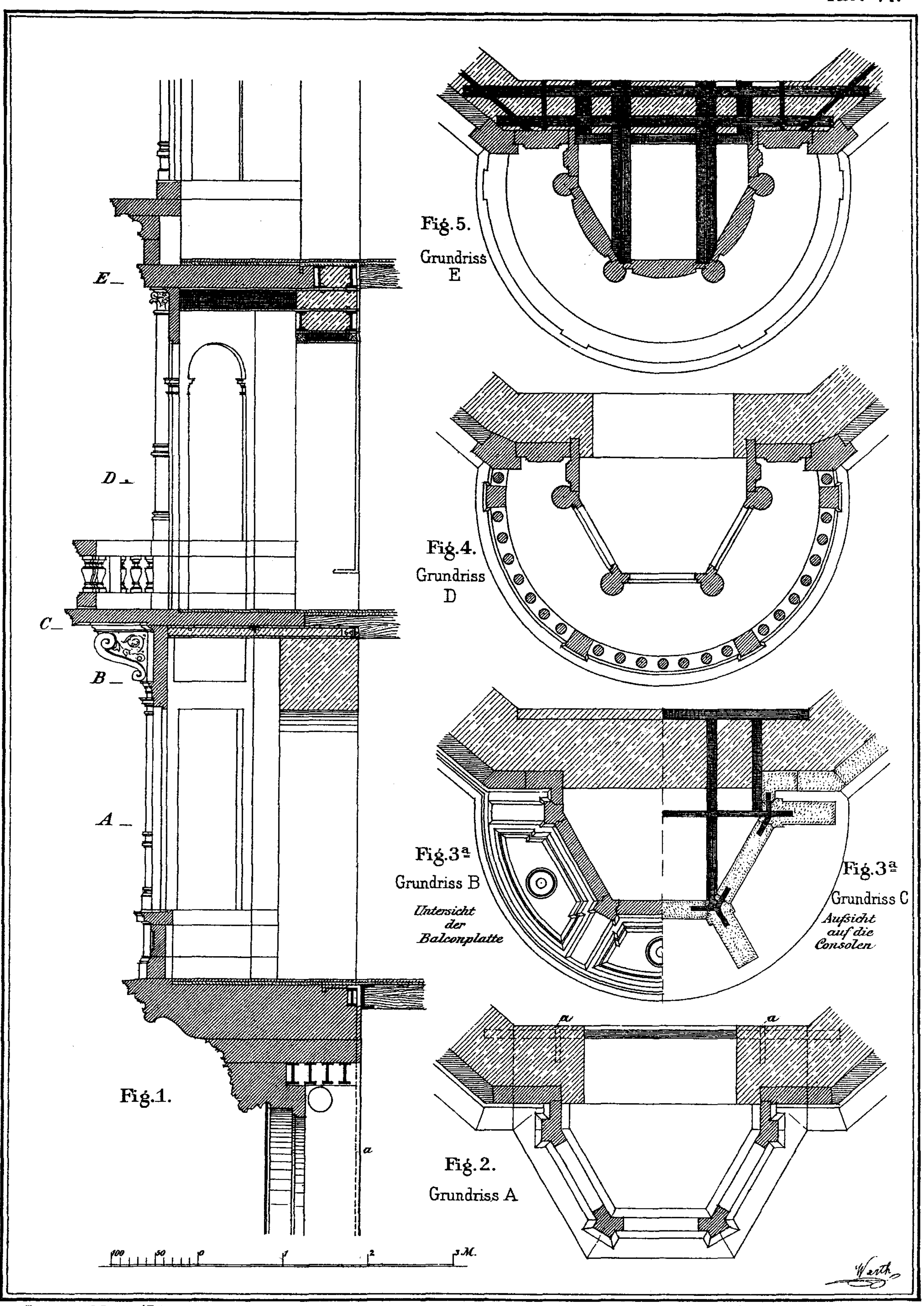
Fig. 1.

Fig. 2. Schnitt

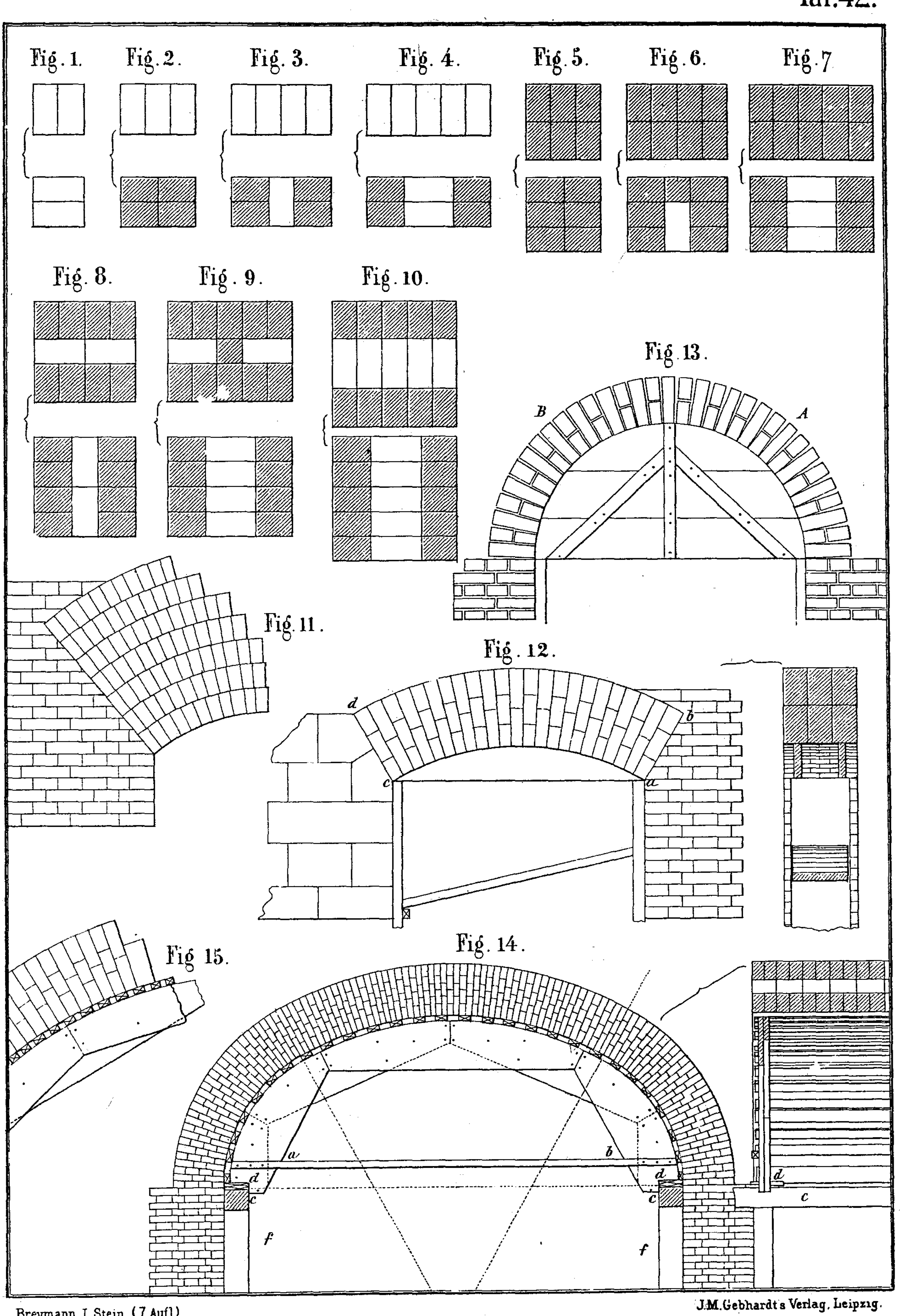
Fig. 3. Grundriss

Fig. 4. Fugenschnitt des Brüstungssockels

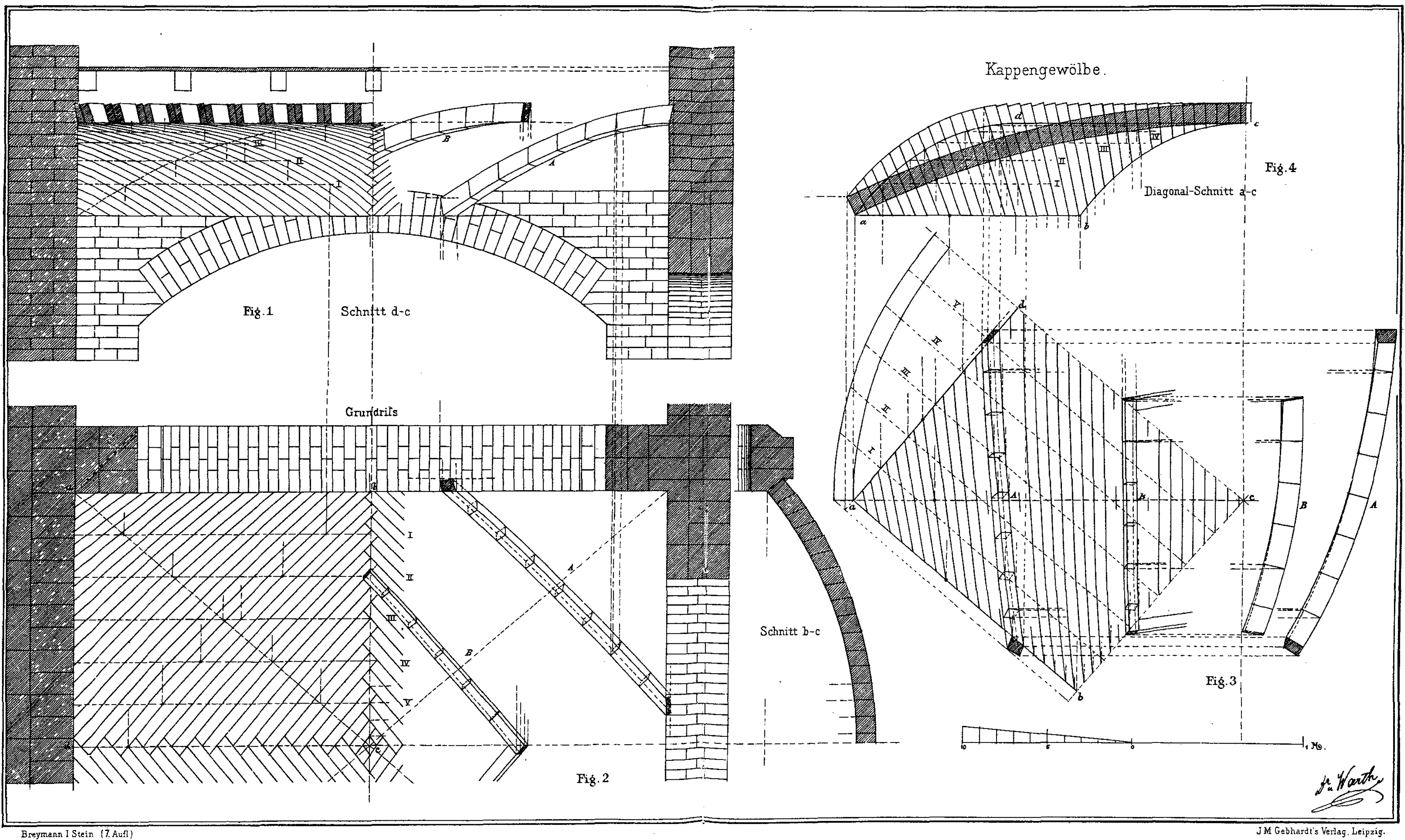
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



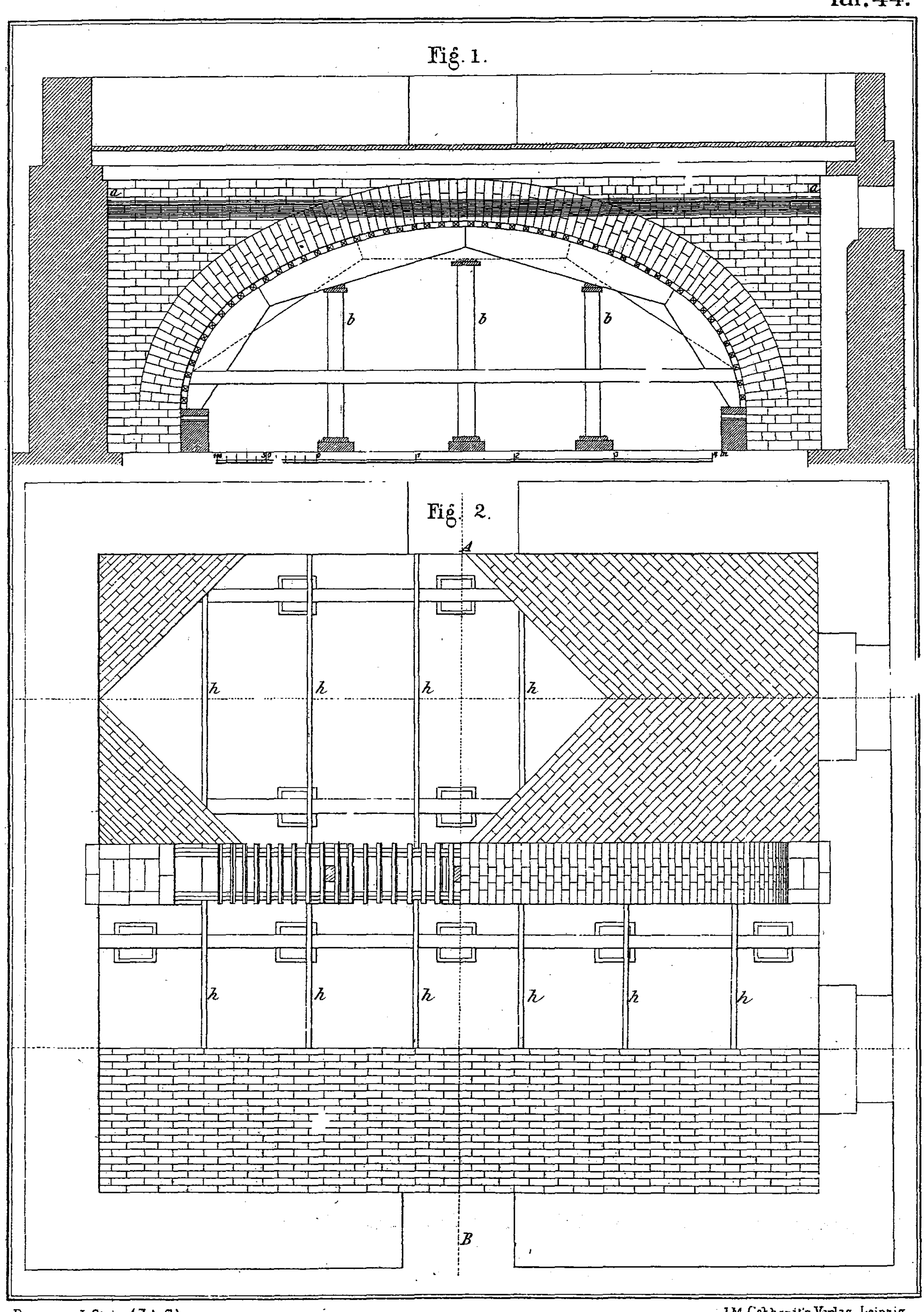
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

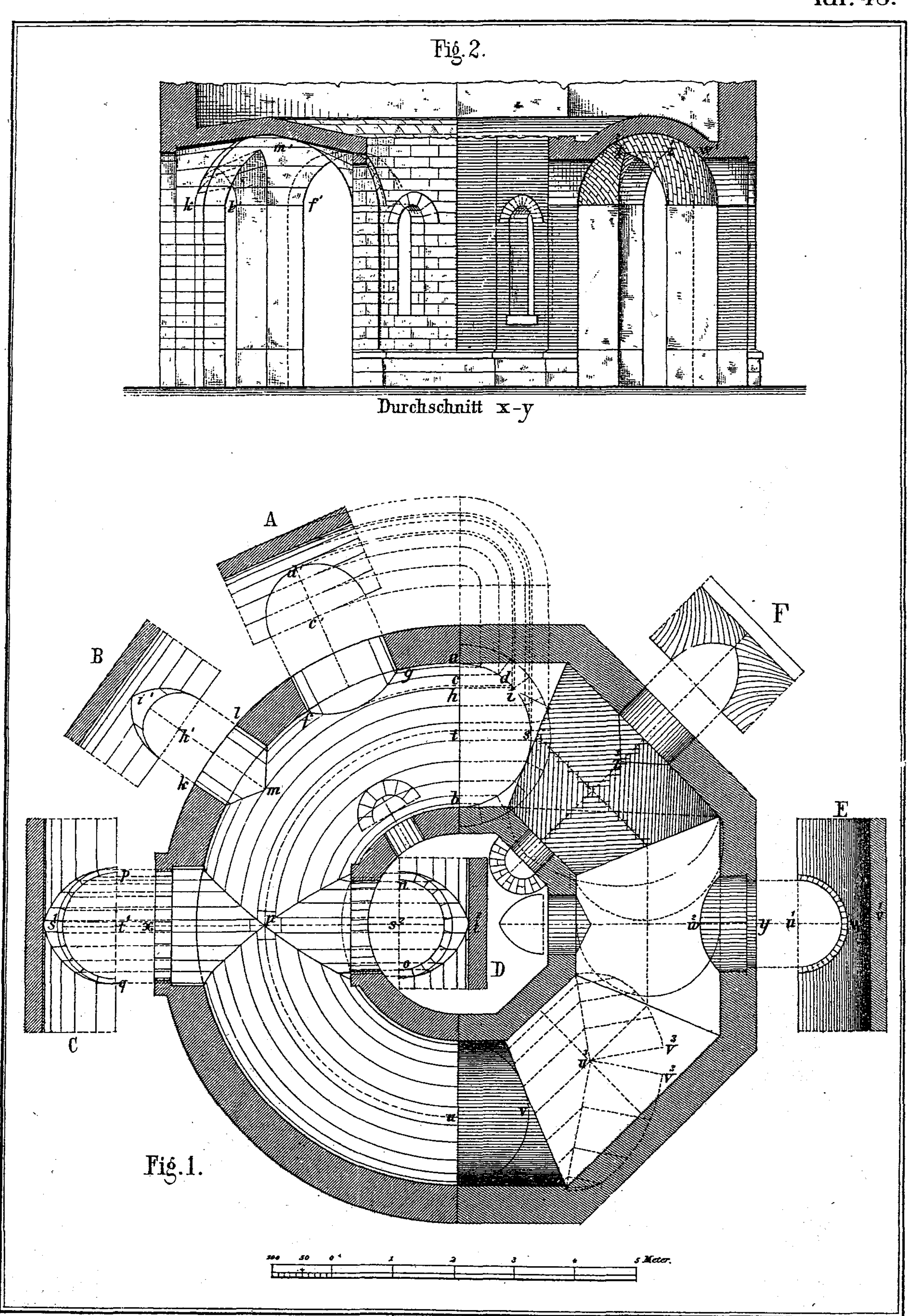


J M Gebhardt's Verlag, Leipzig.



 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.





J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 4

Fig. 3

Fig. 2

Fig. 1

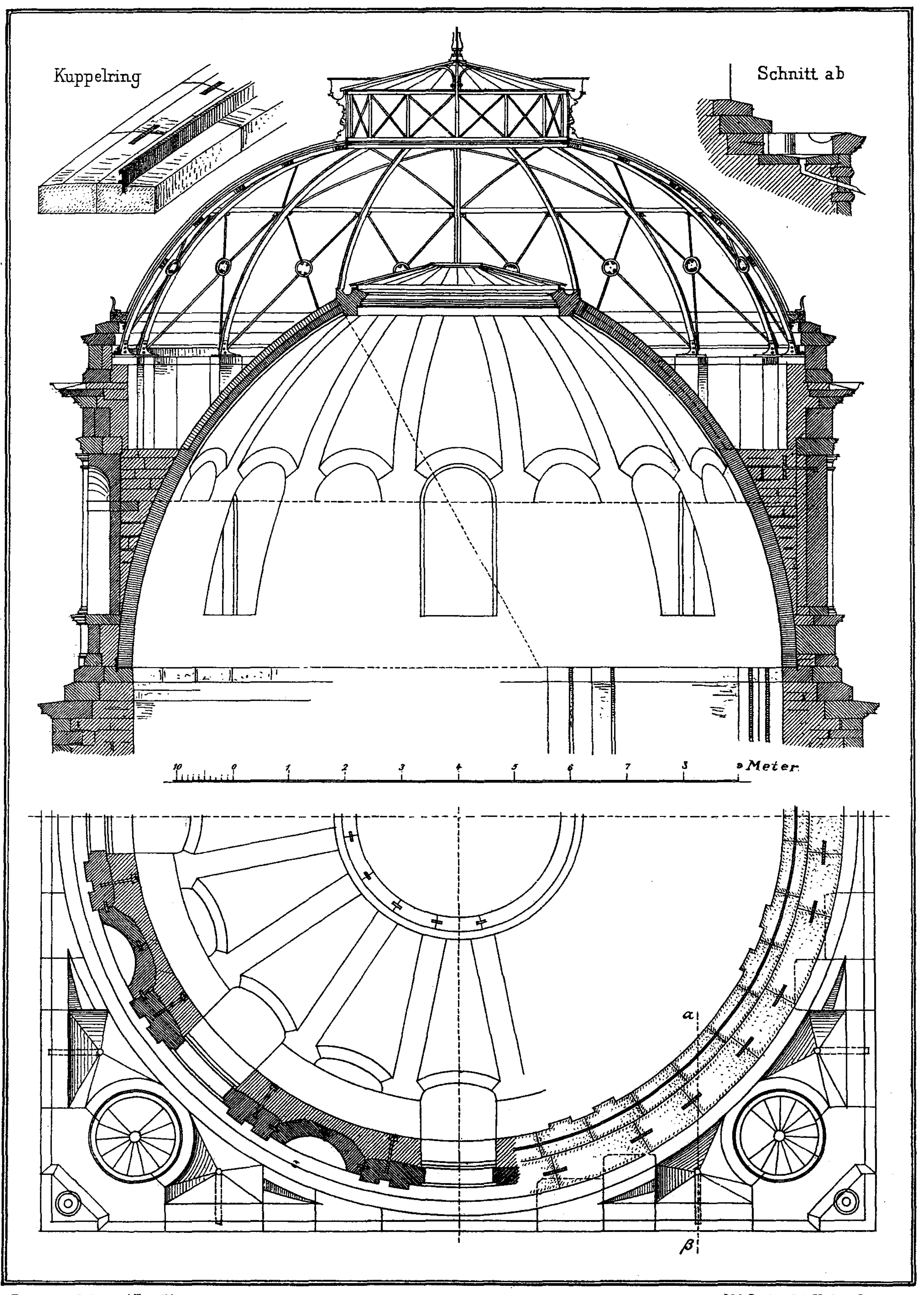
Fig. 5

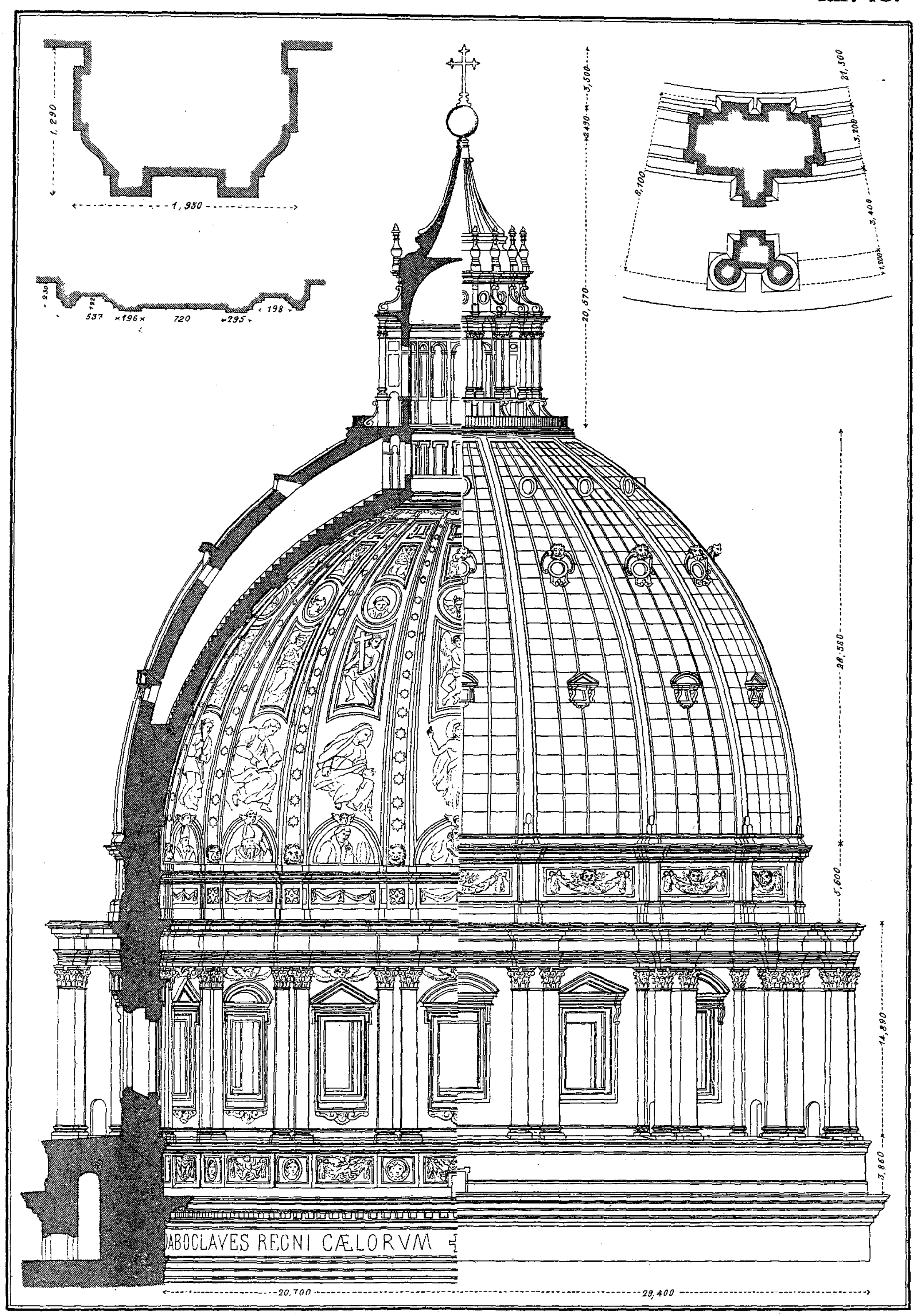
Klostergewölbe

Dr. Warth

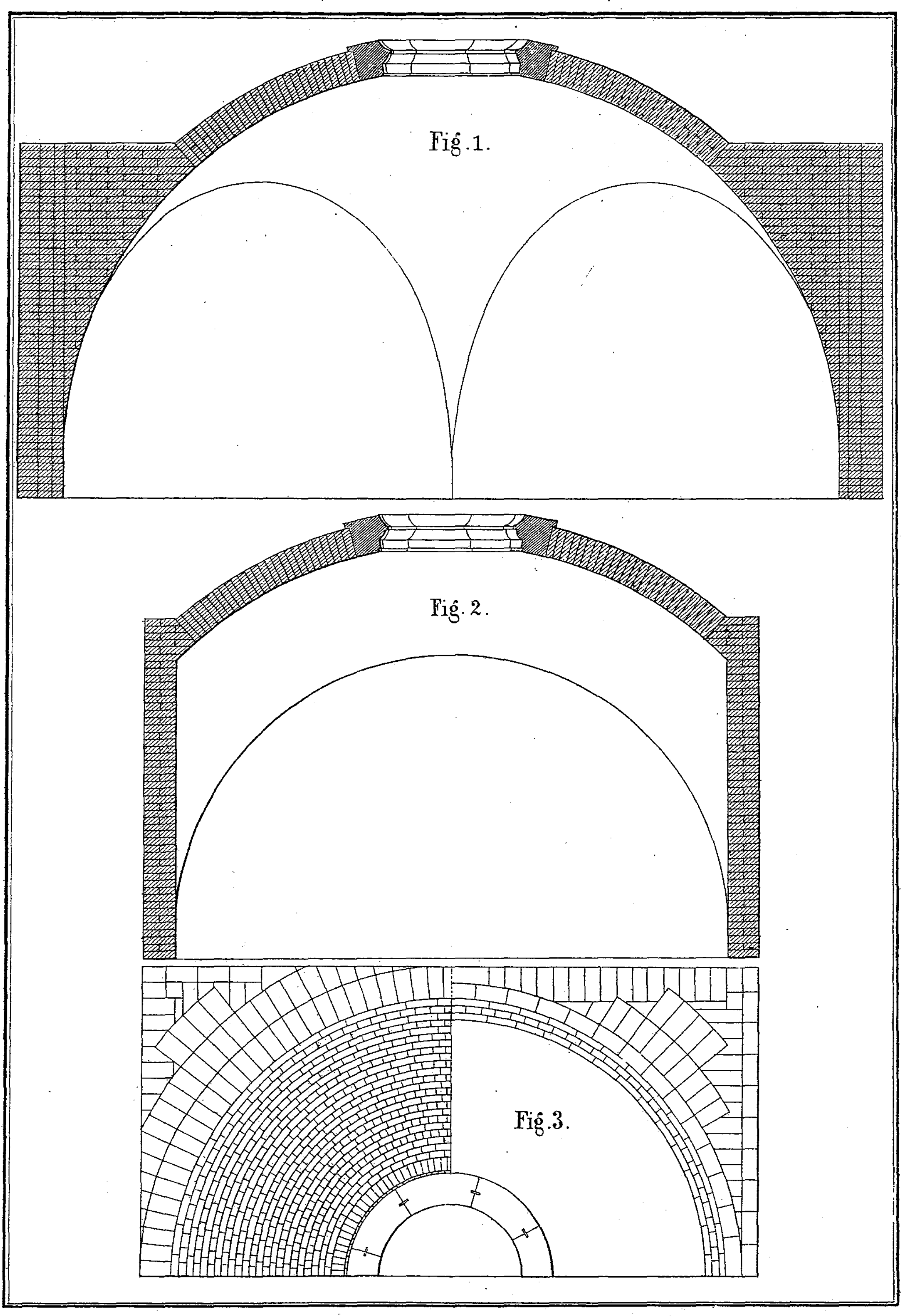
Breymann I Stein (7. Aufl.)

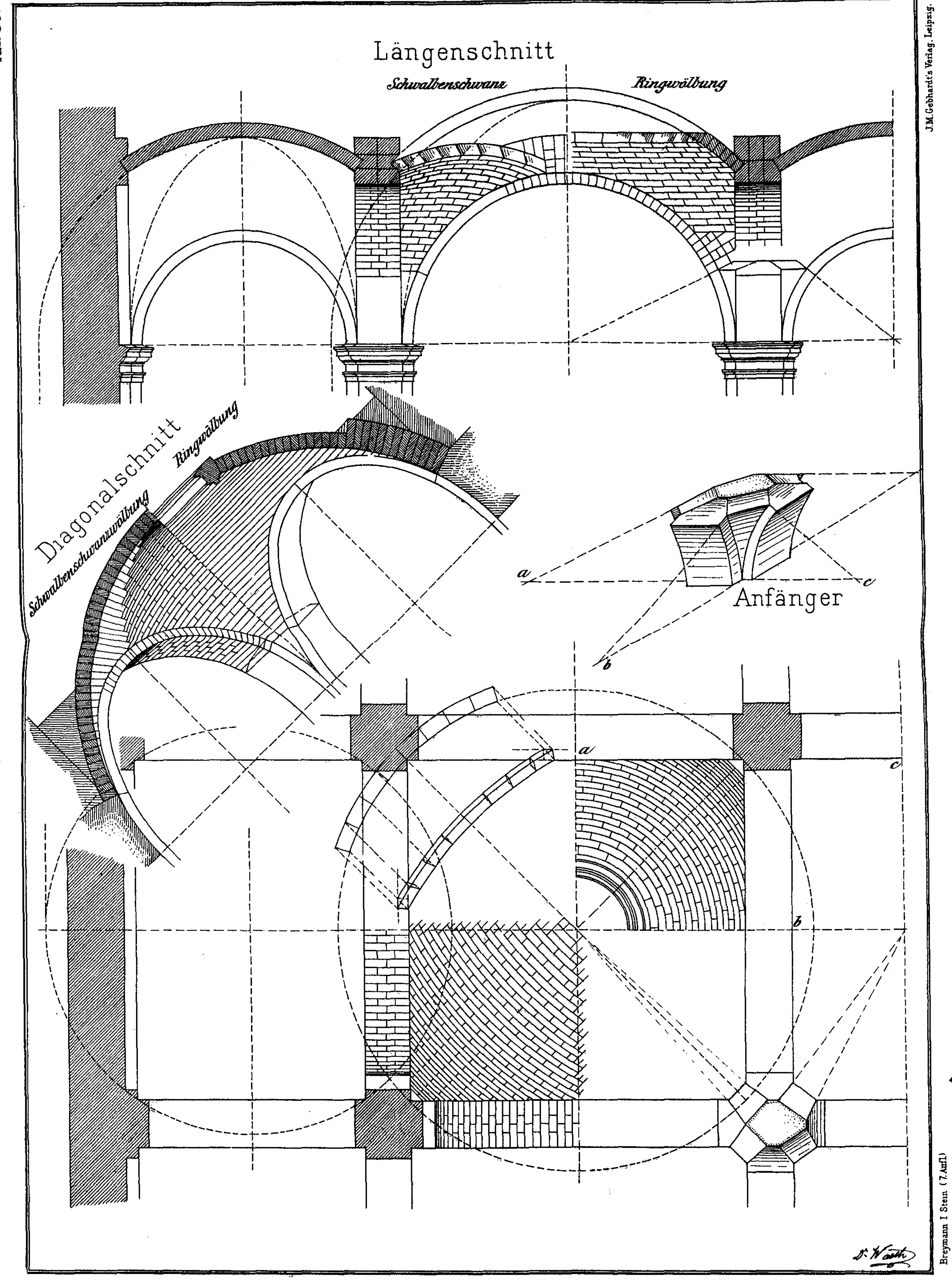
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Kuppelring
Schnitt ab
10 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Meter
a
β

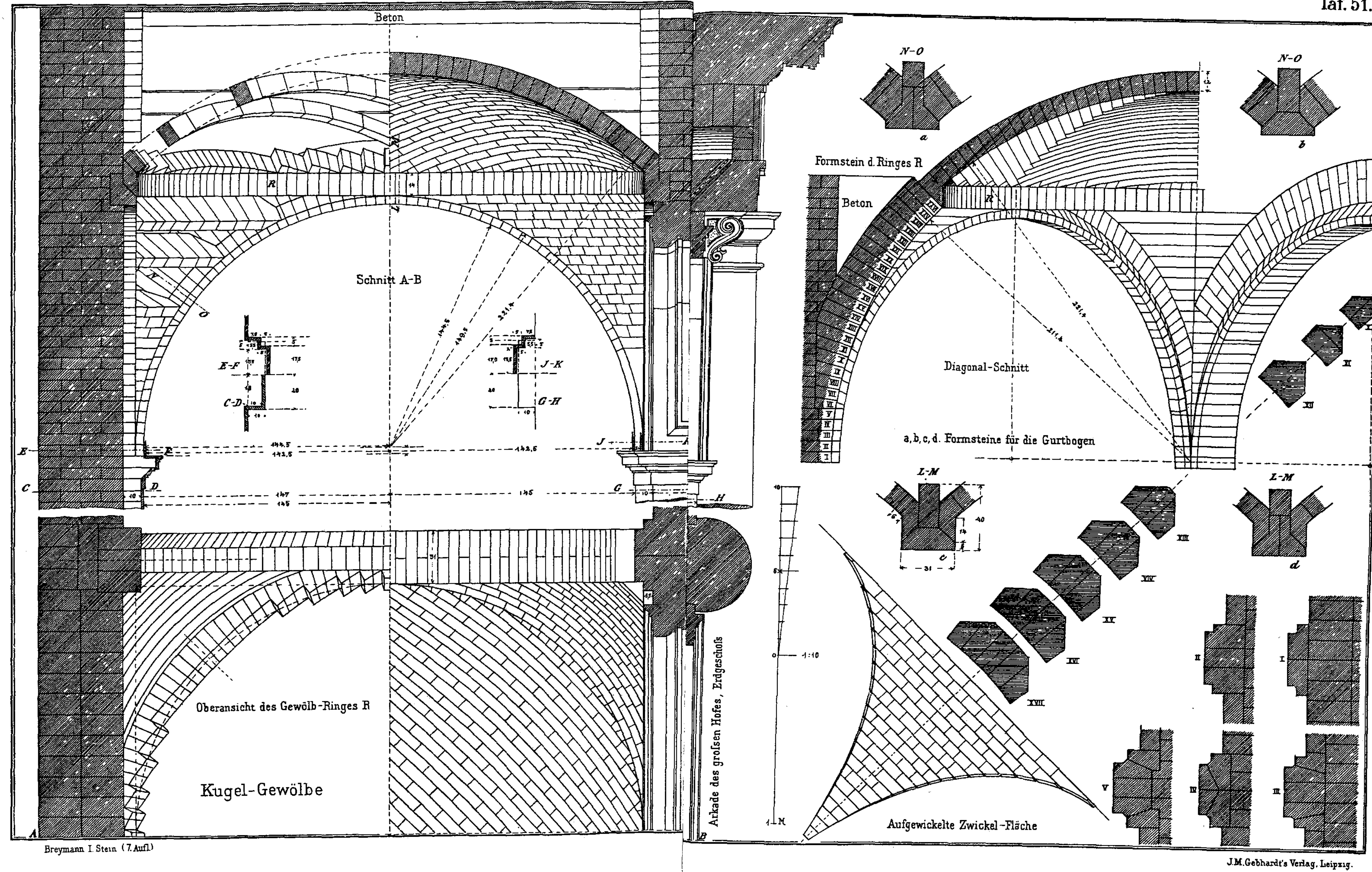


 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

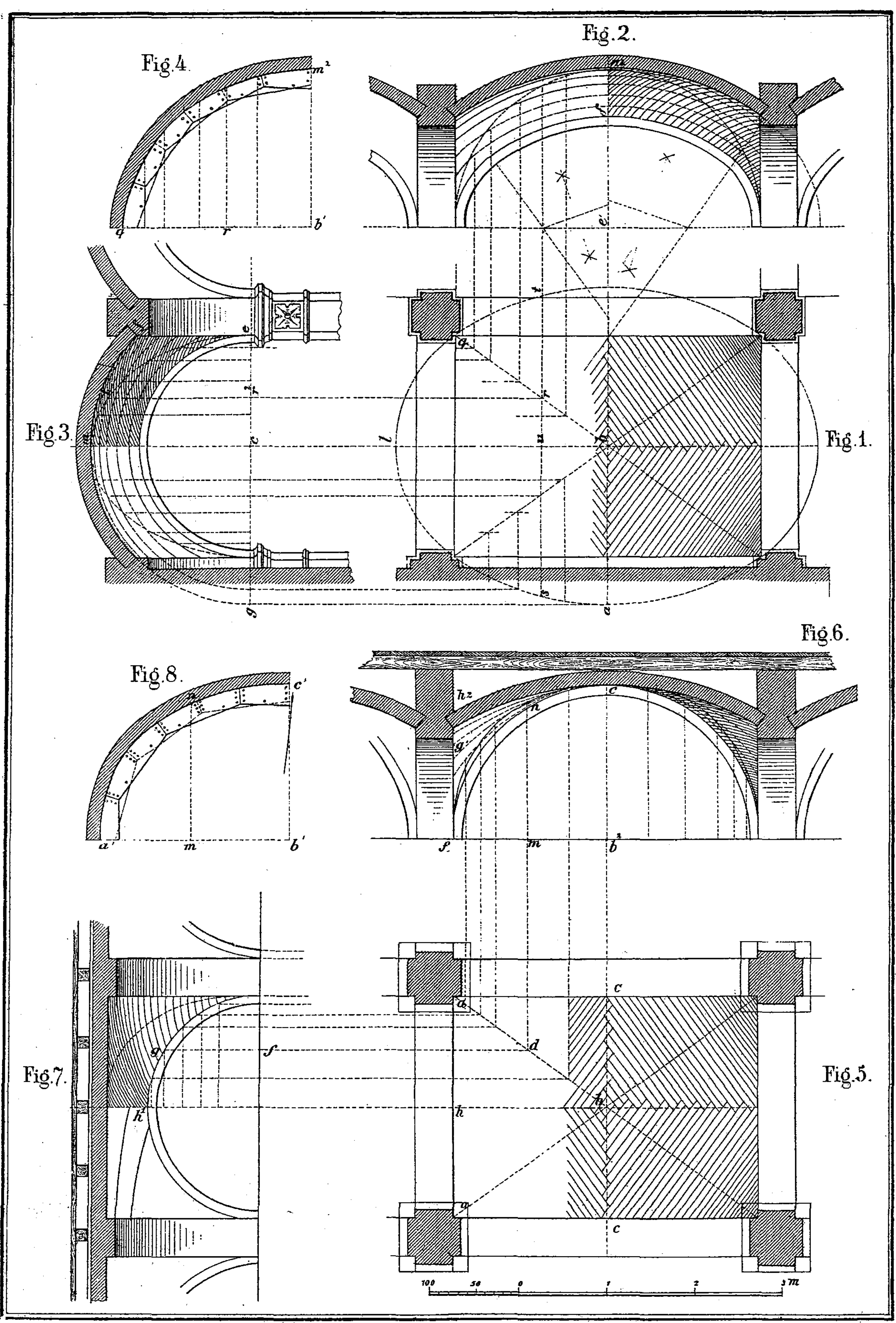

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.



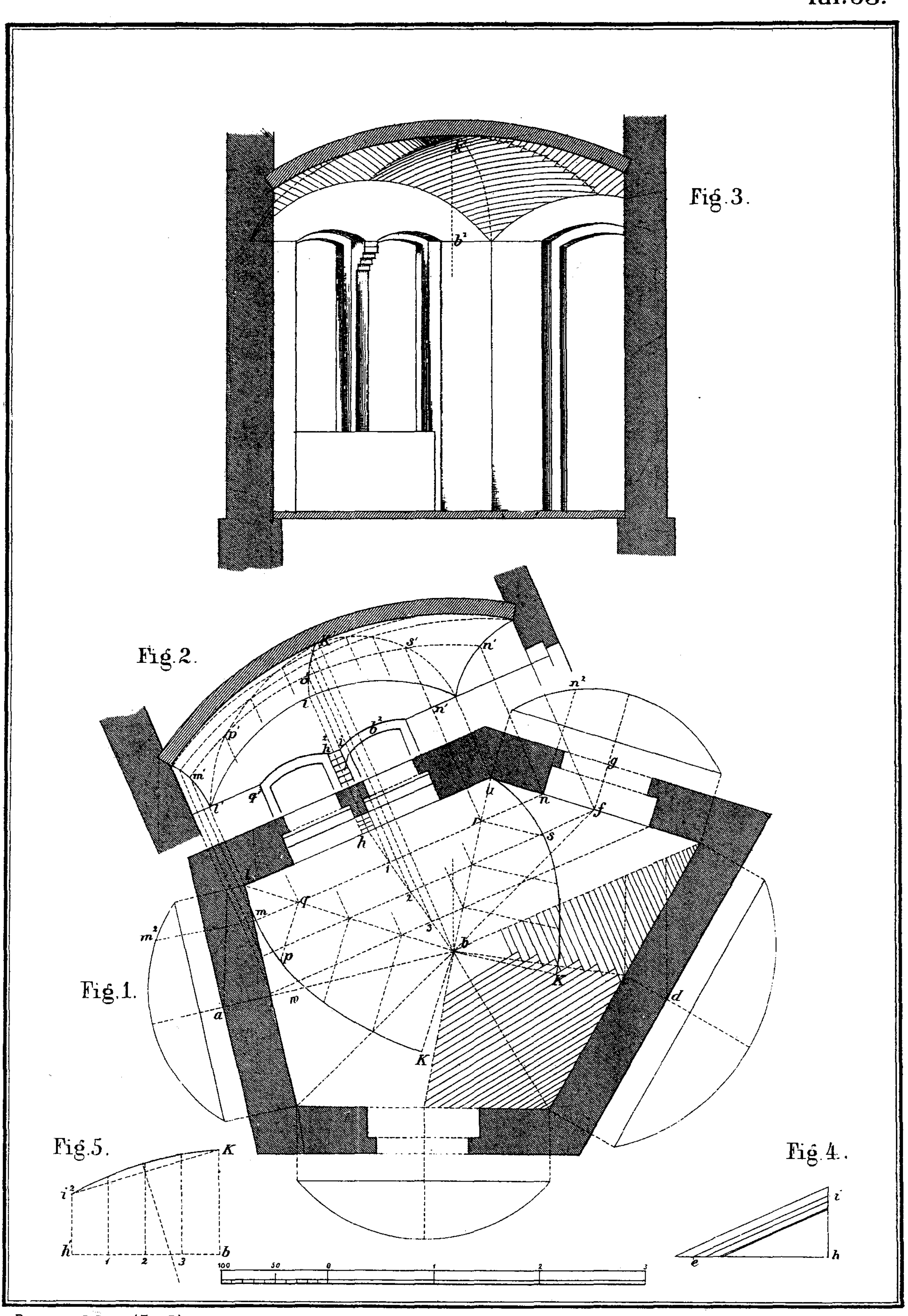
J.M.Gebhardt's Verlag, Leipzig.



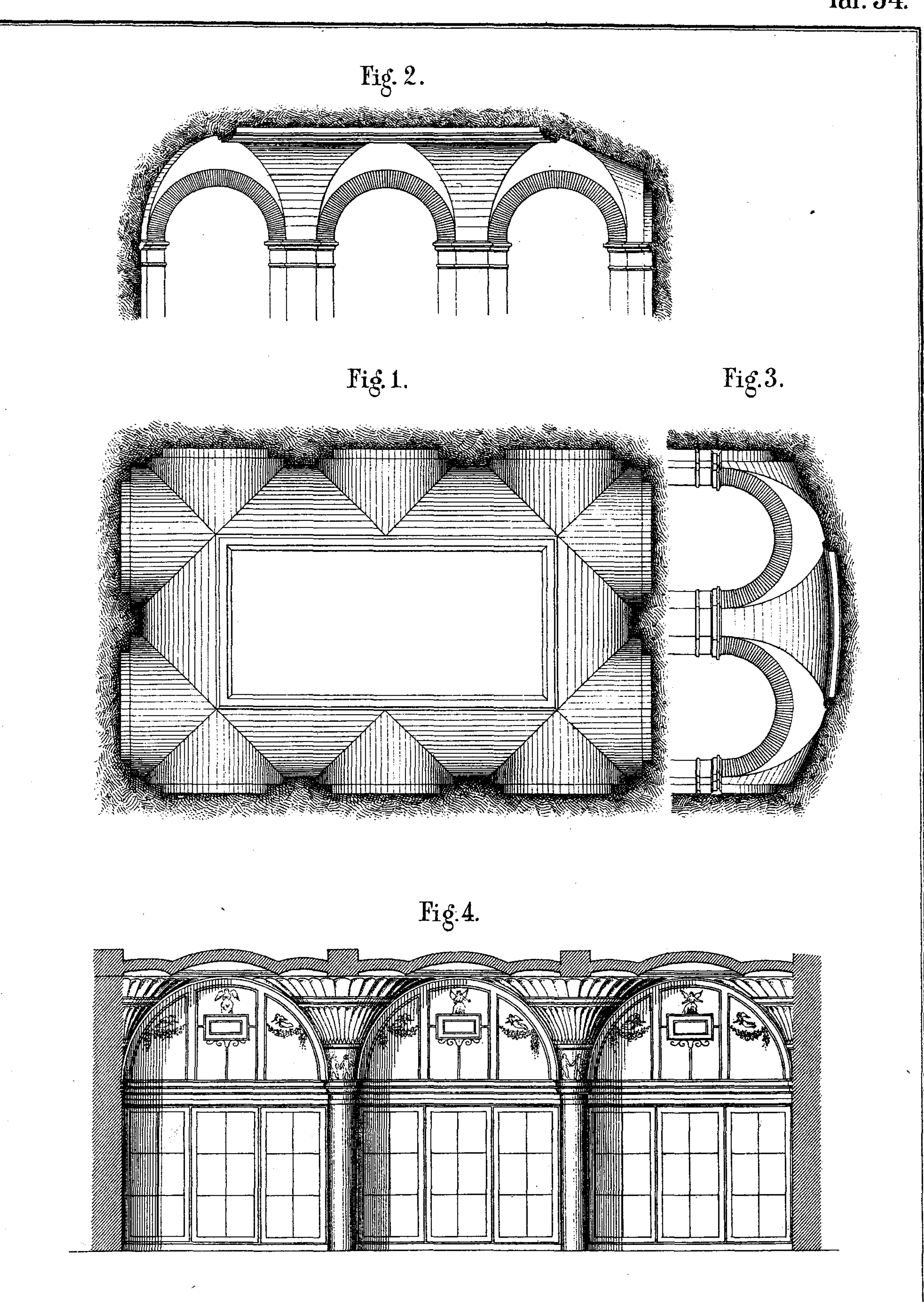
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



126 = 1209

C C C

A B D

h = 2,5
= 116

Anfänger in der Aufsicht

E

M = 21,5

a b

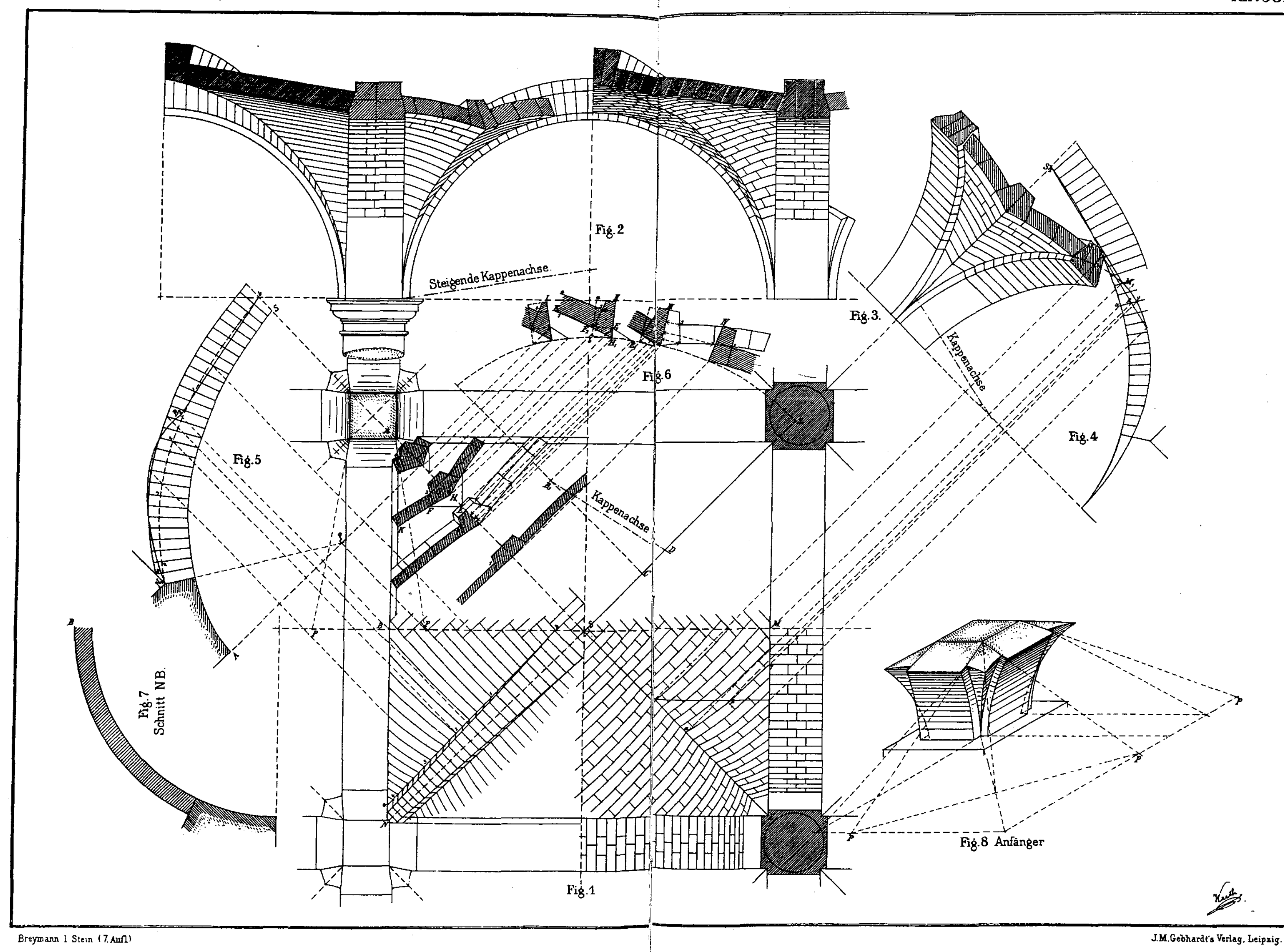
Untersicht

B
A C C C
B

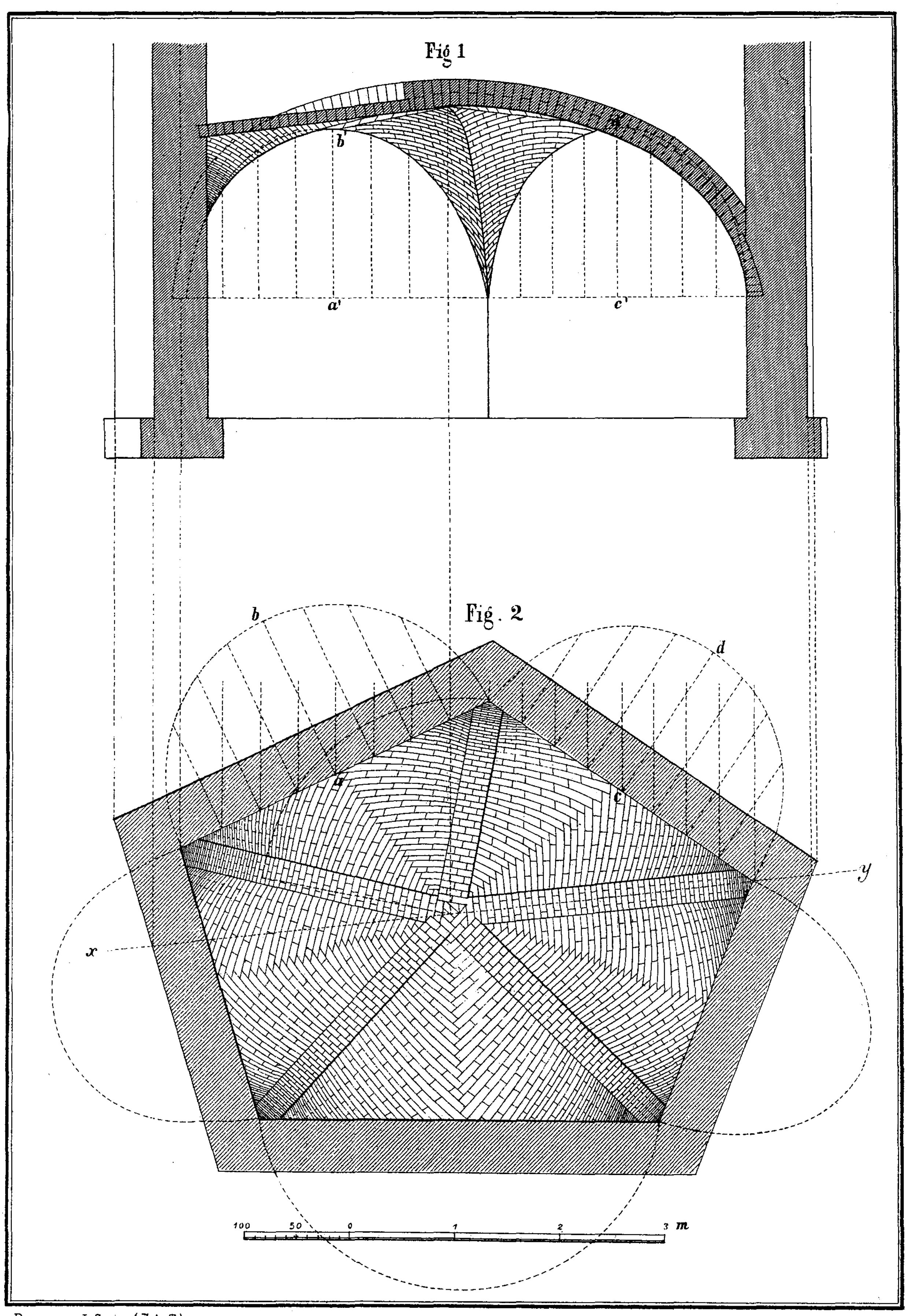
Schnitt längs des Grates

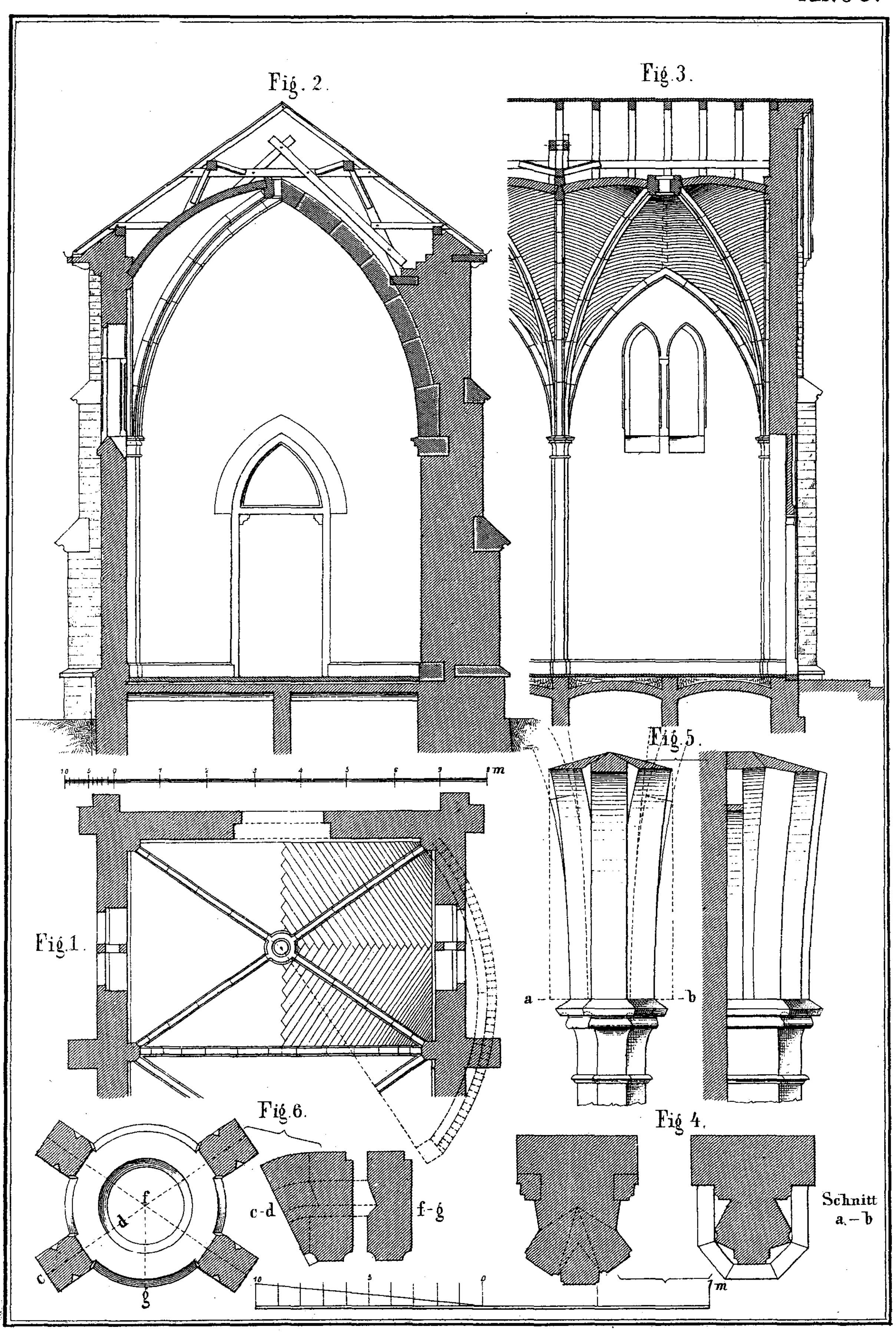
Spiegel-Gewölbe.

(Schichten a, b in der Aufsicht)

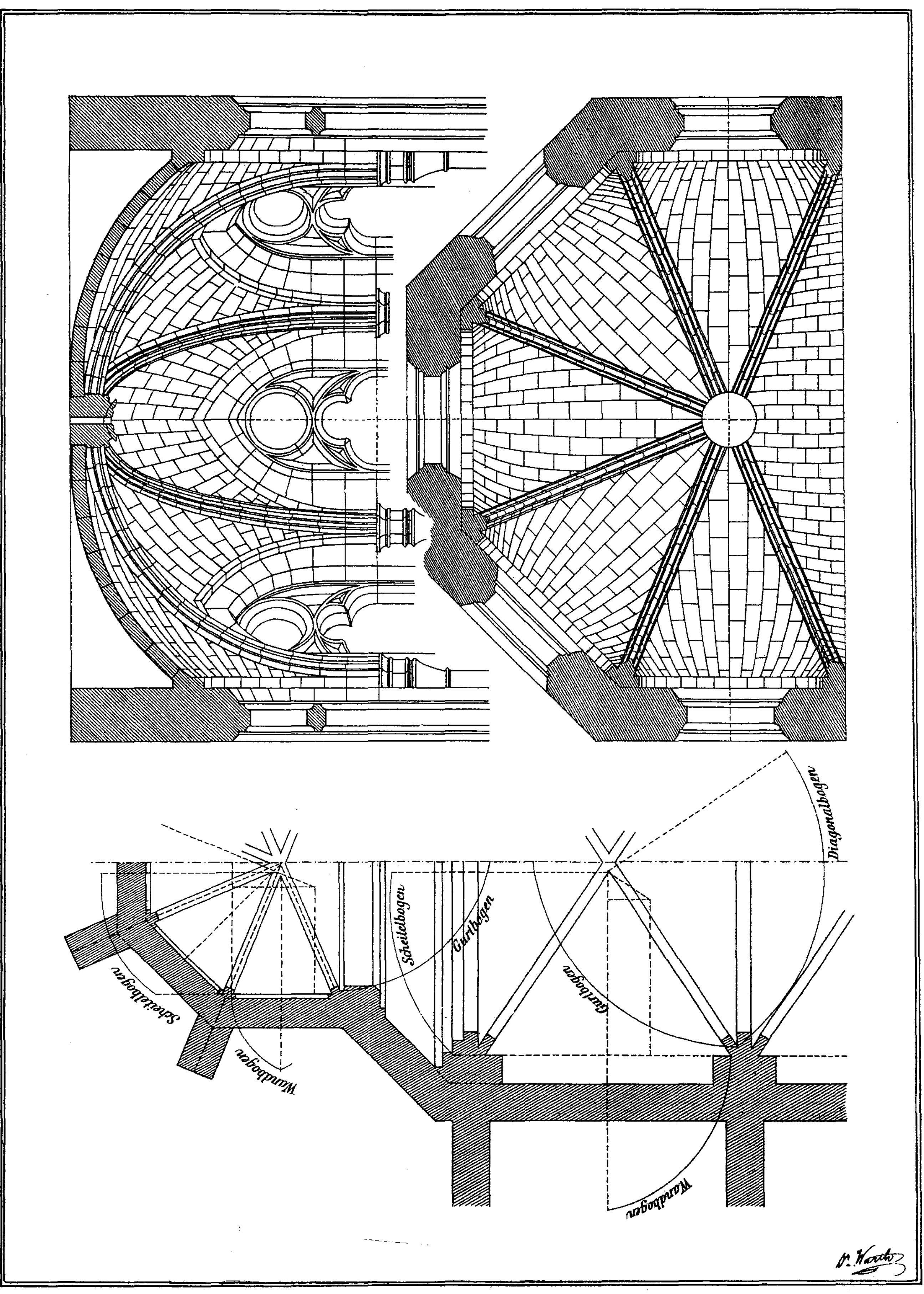


Breymann I Stein (7. Aufl.)
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

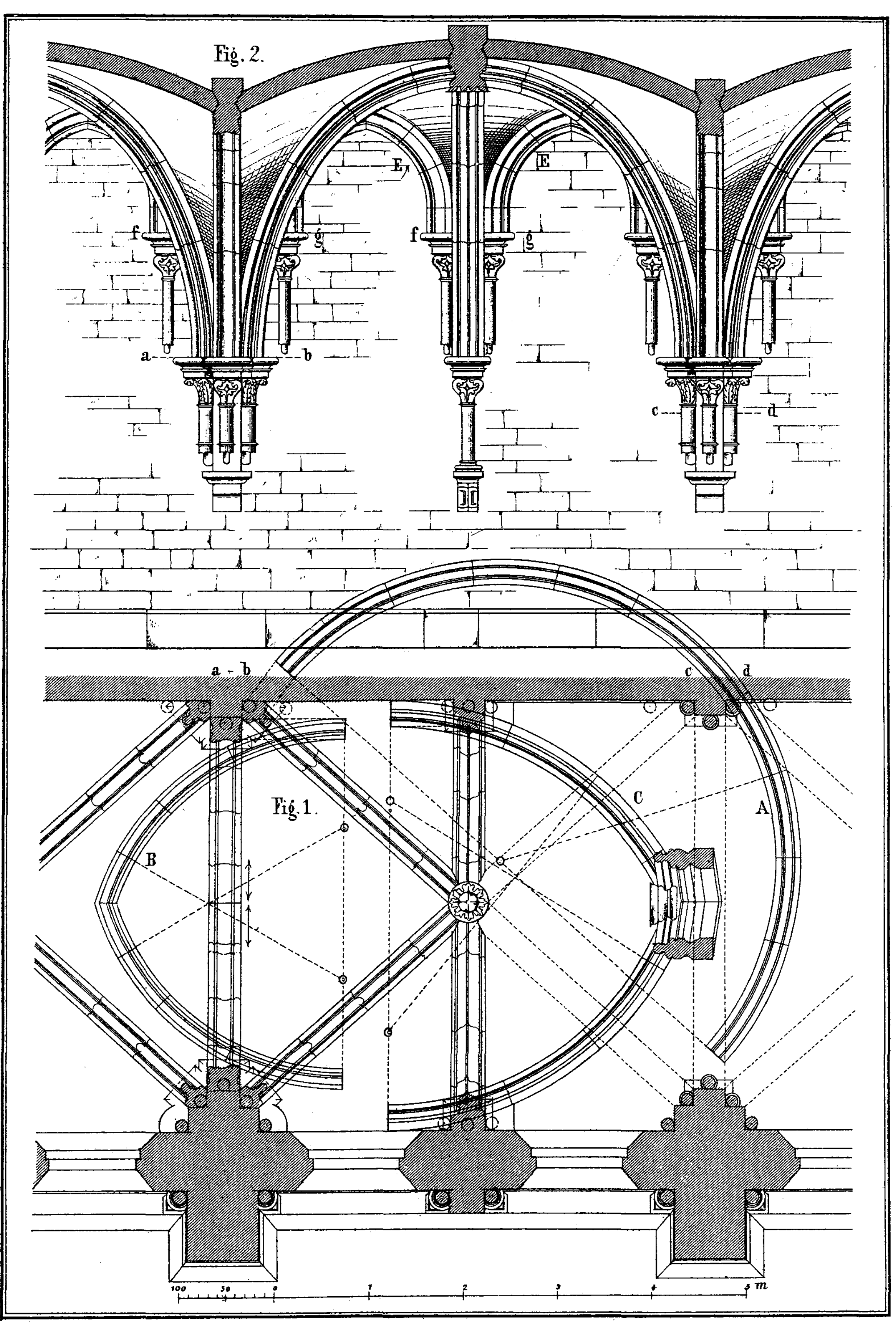

Fig 1
b
a
a'
c'
Fig. 2
b
d
a
c
y
x
100
50
0
1
2
3 m



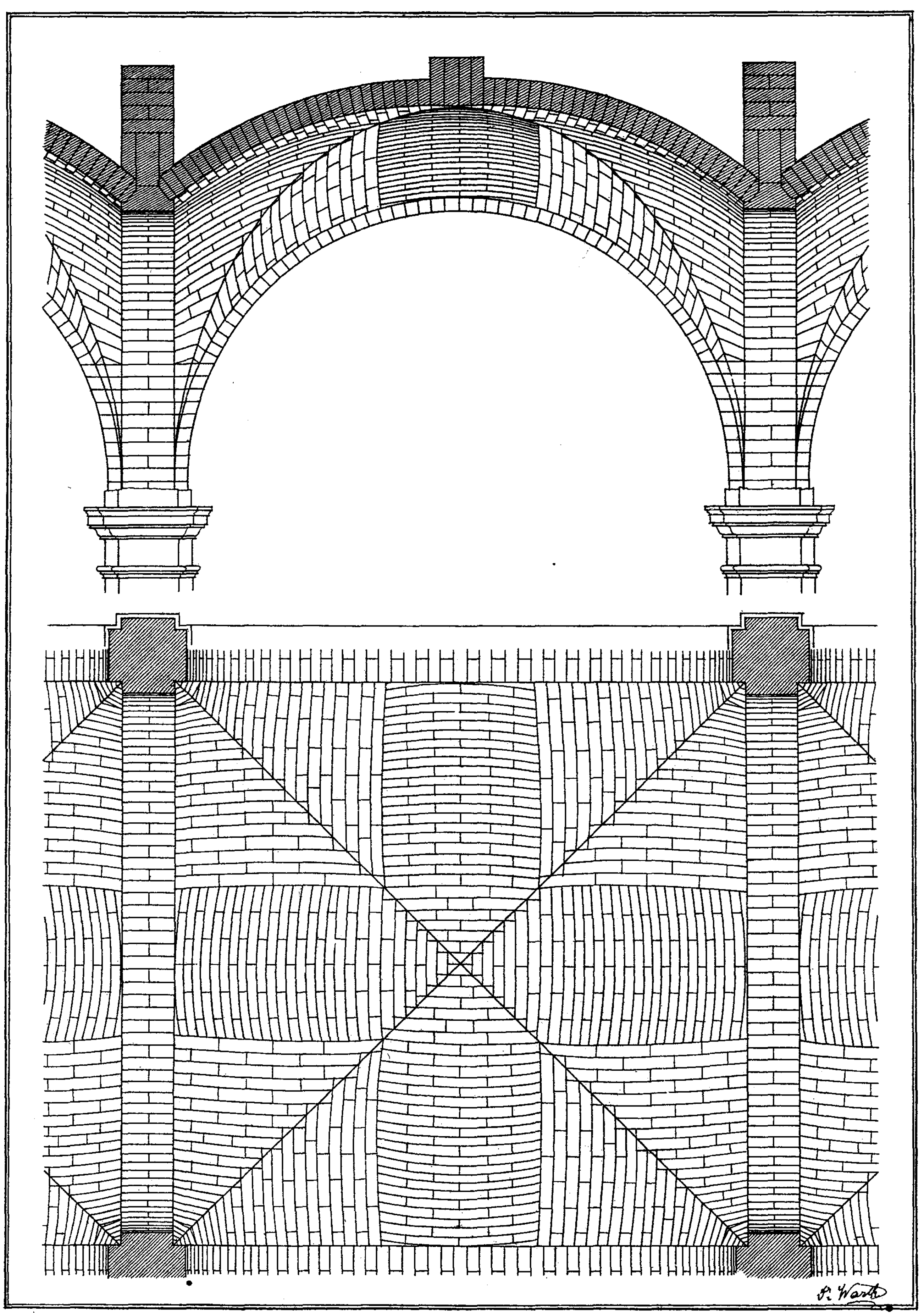
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

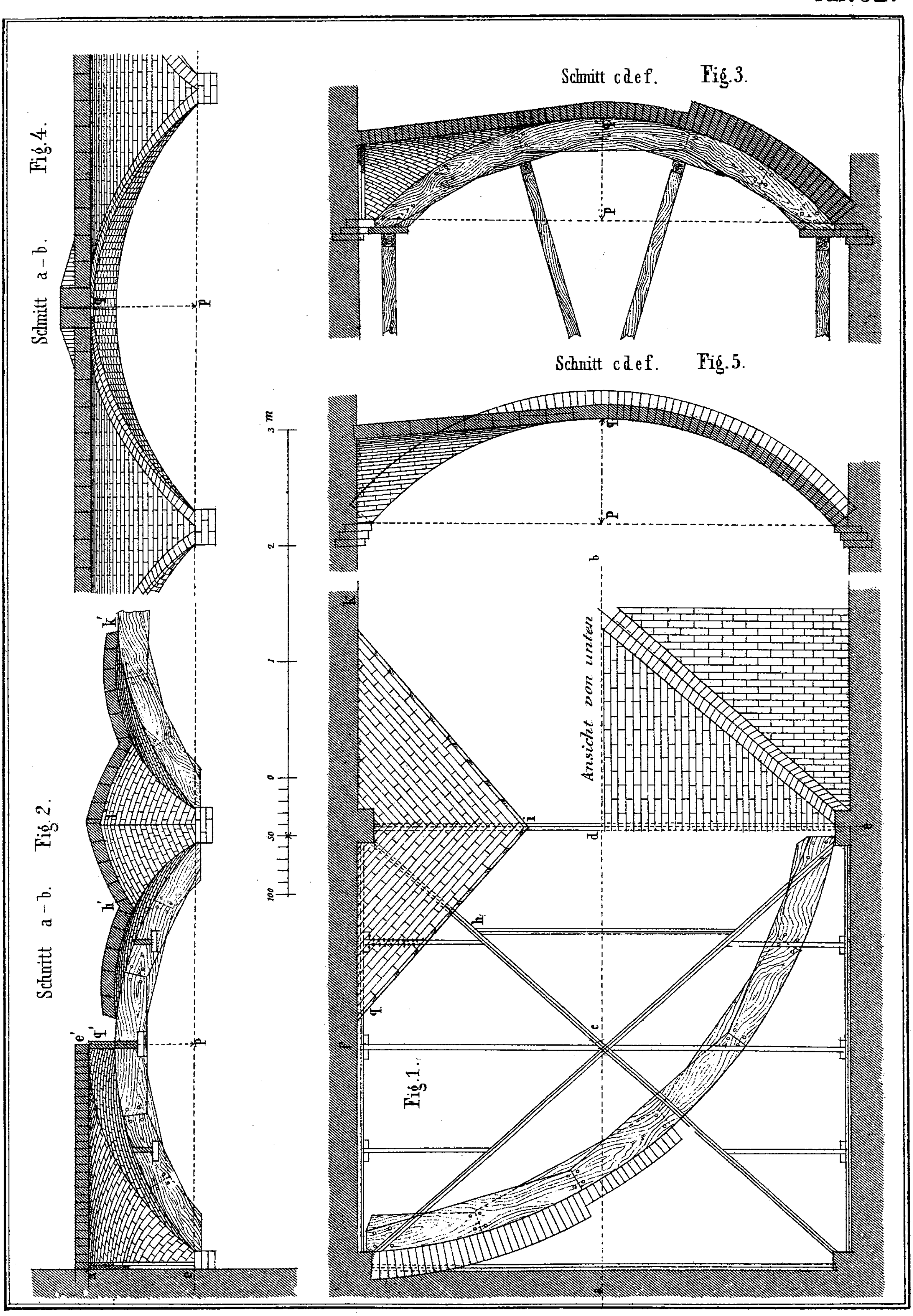


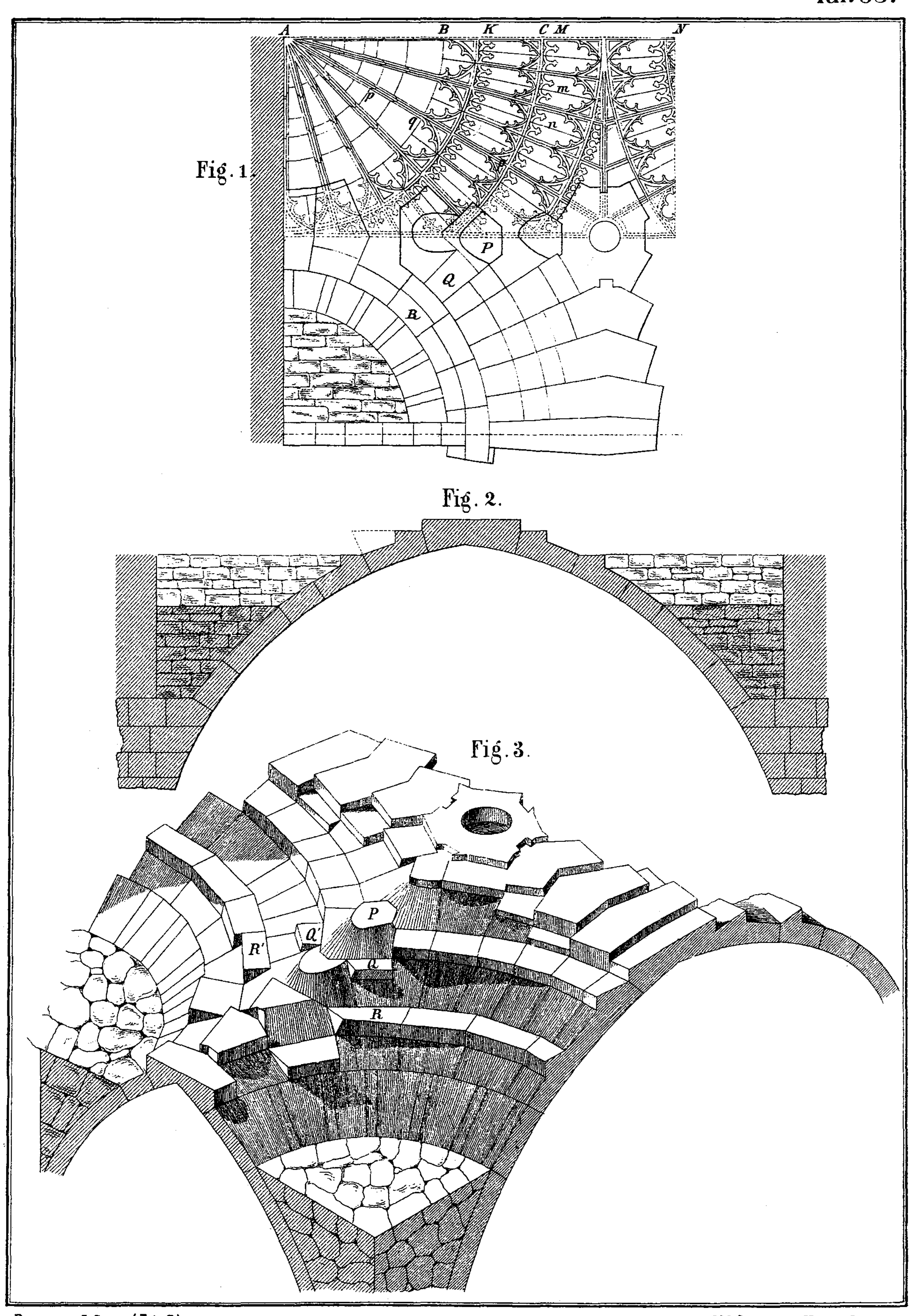
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



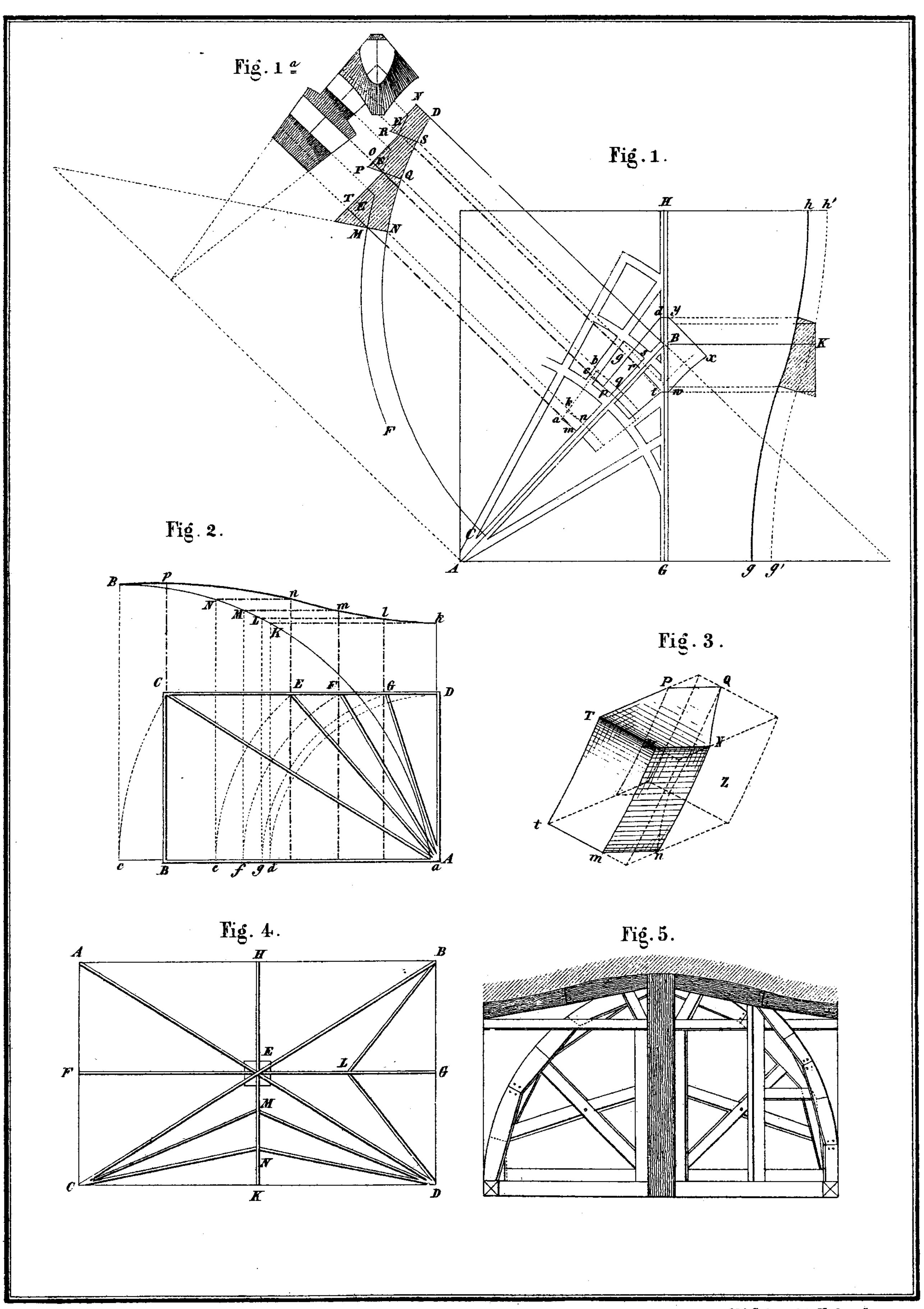
Breymann I. Stein (7. Aufl.)

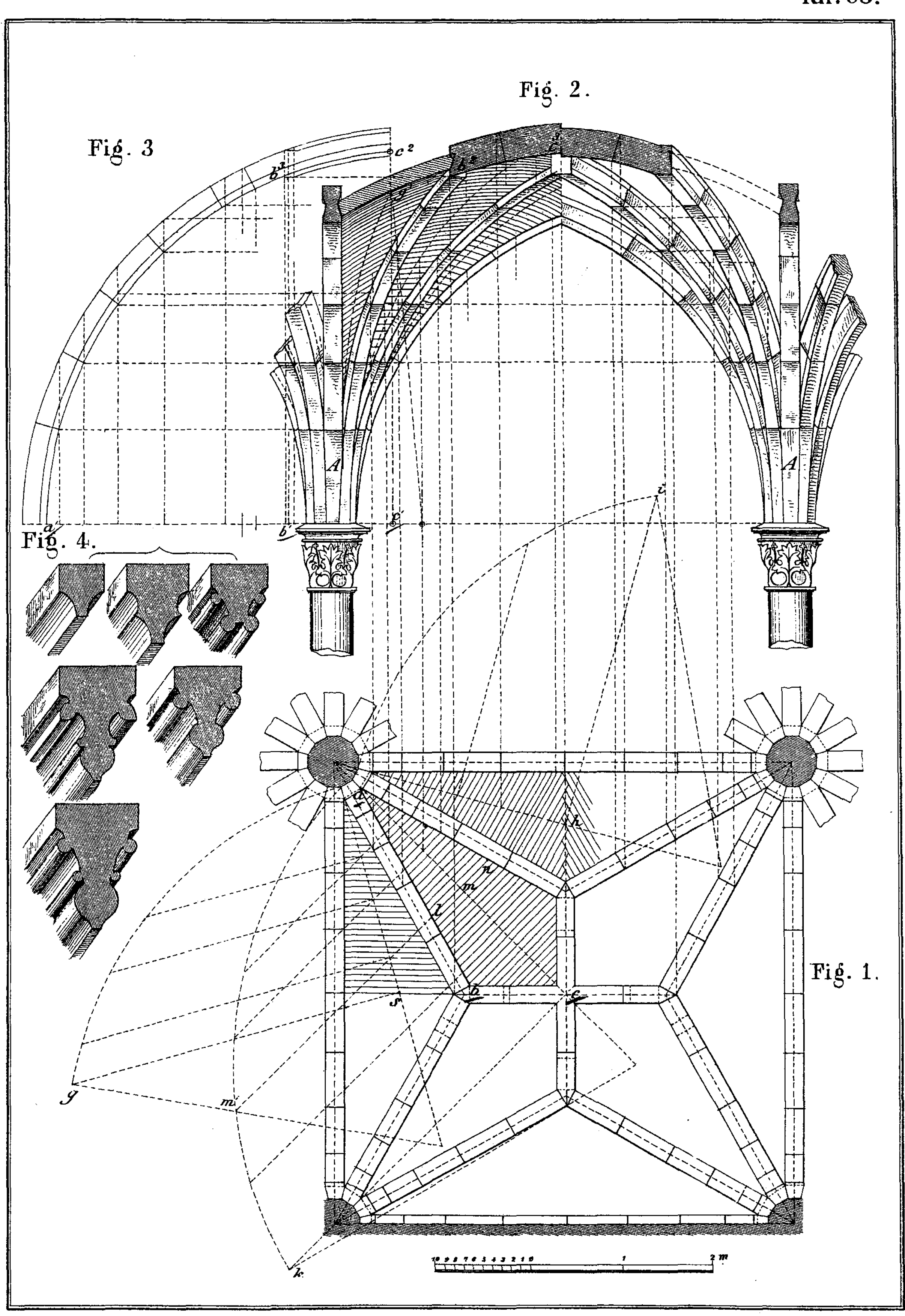
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Schnitt a – b. Fig. 4.
Schnitt a – b. Fig. 2.
Schnitt cdef. Fig. 3.
Schnitt cdef. Fig. 5.
Ansicht von unten
Fig. 1.
3 m
2
1
0
50
100

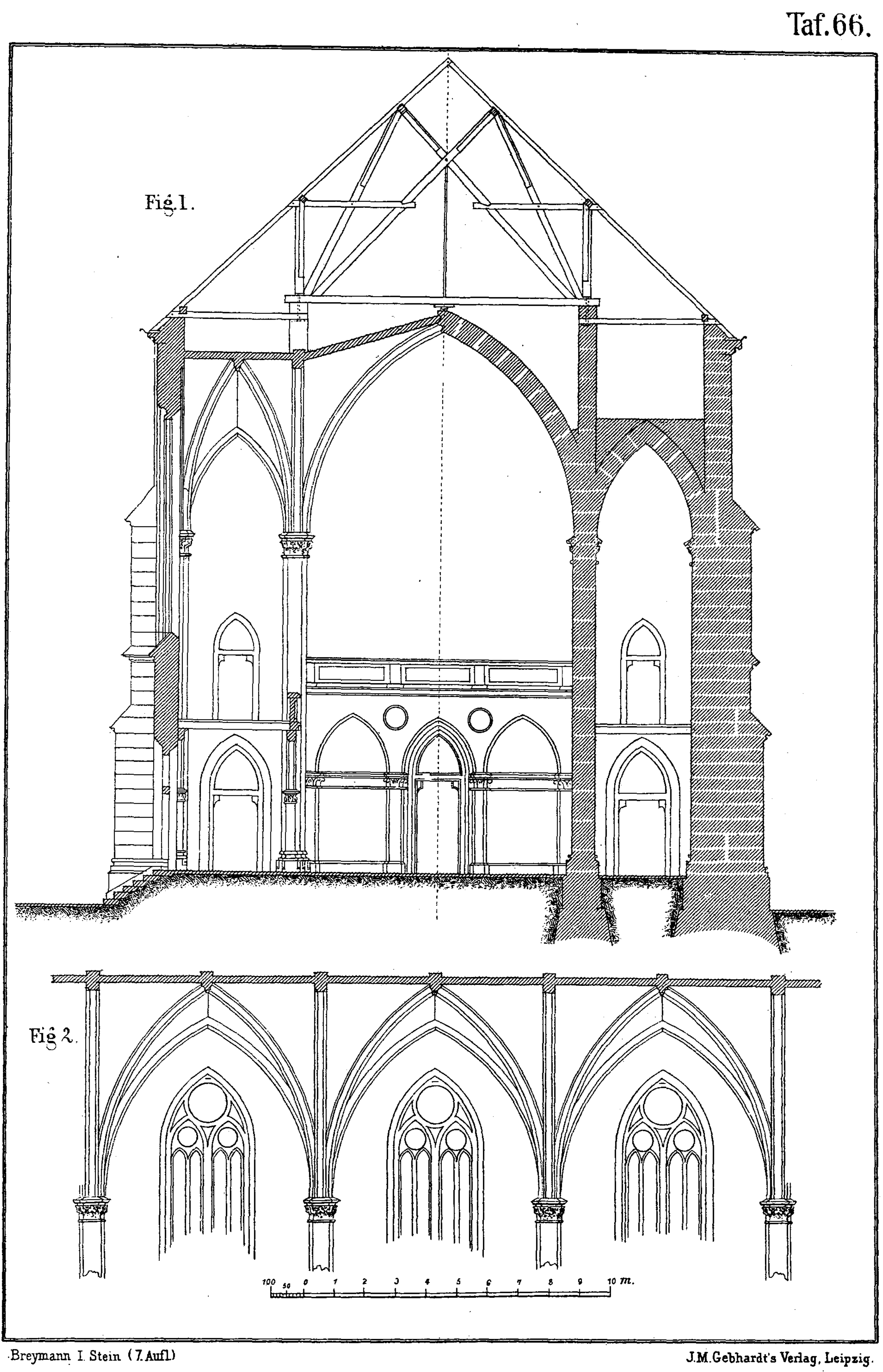


 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

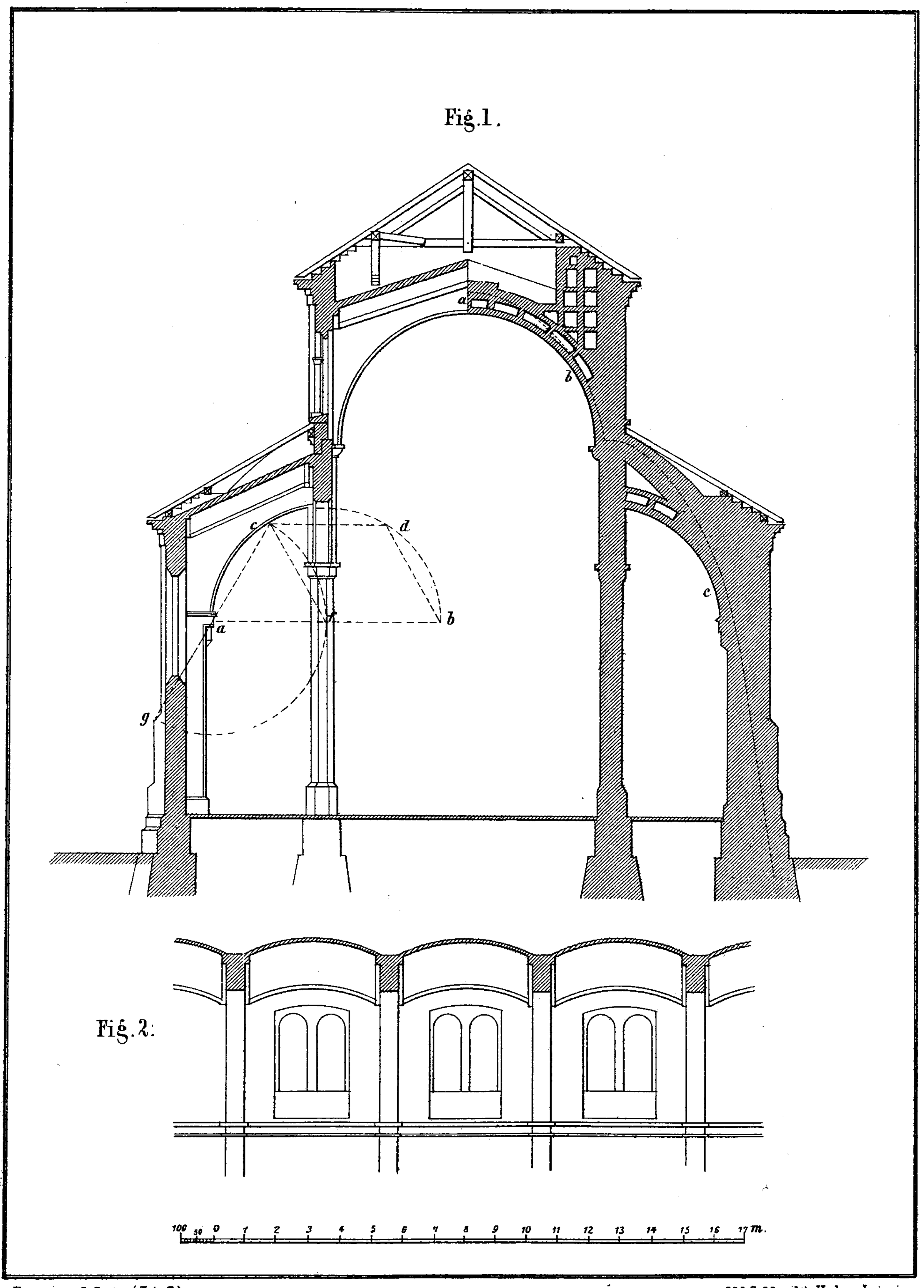

Fig. 1a
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.

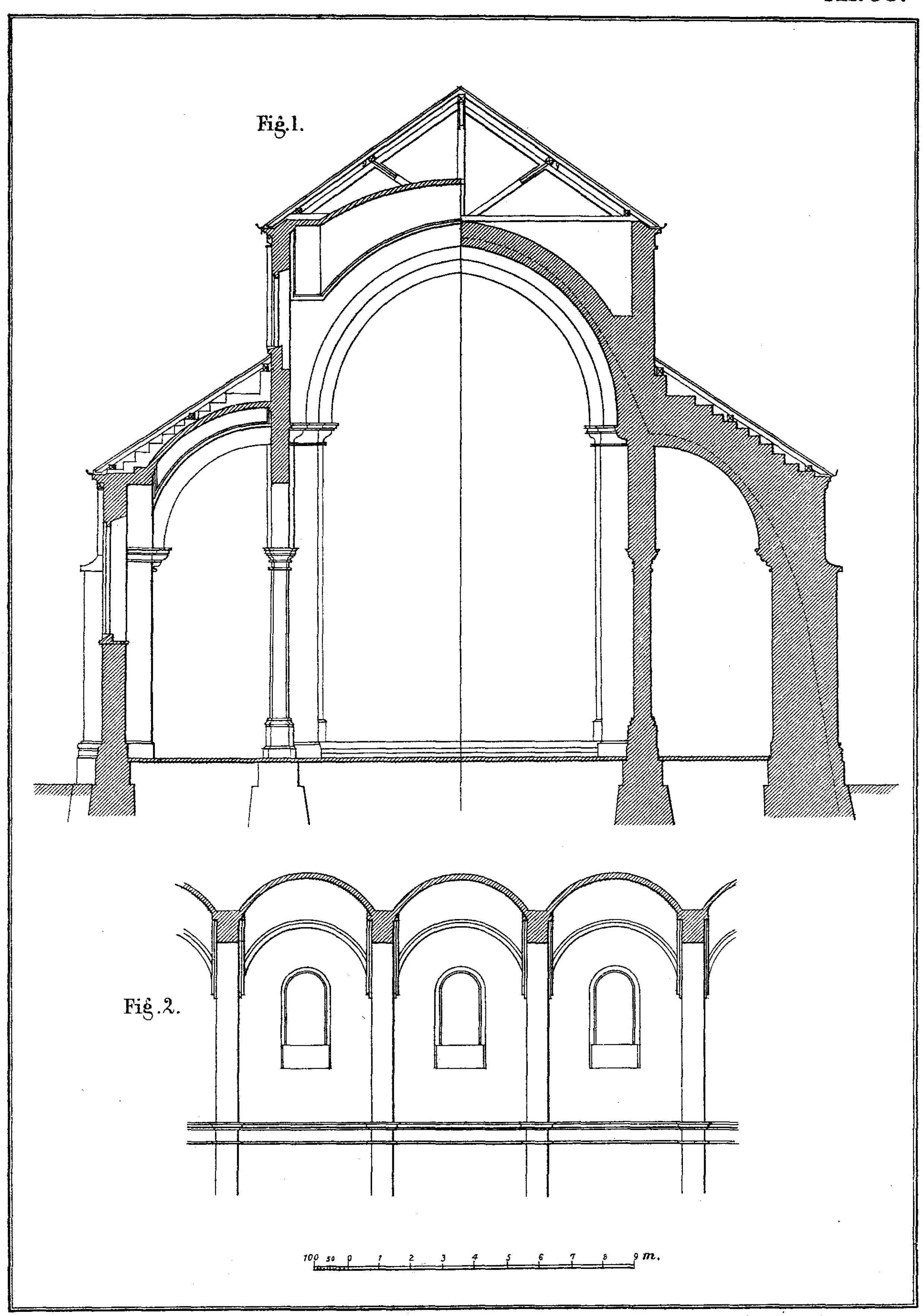


J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

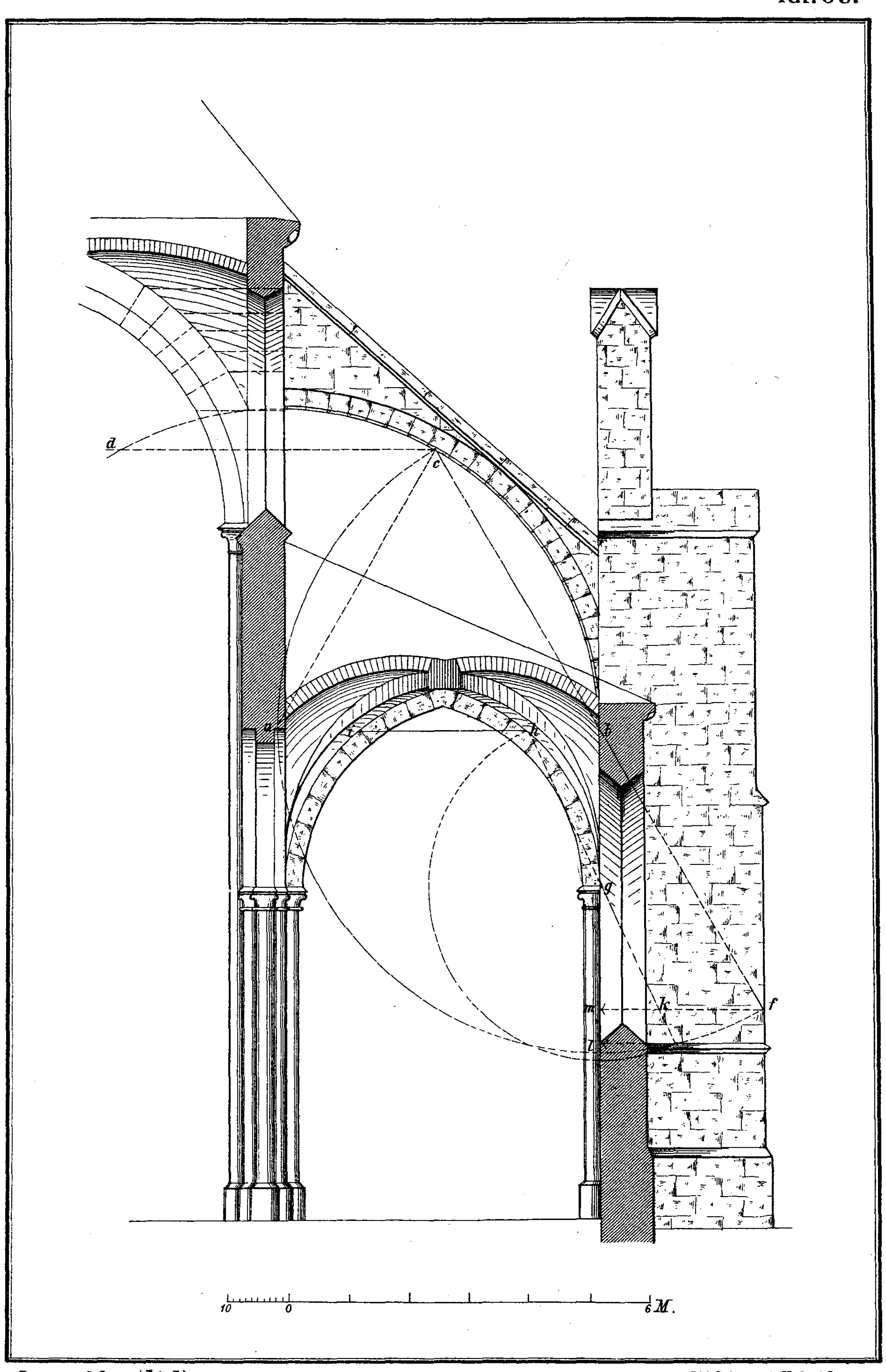


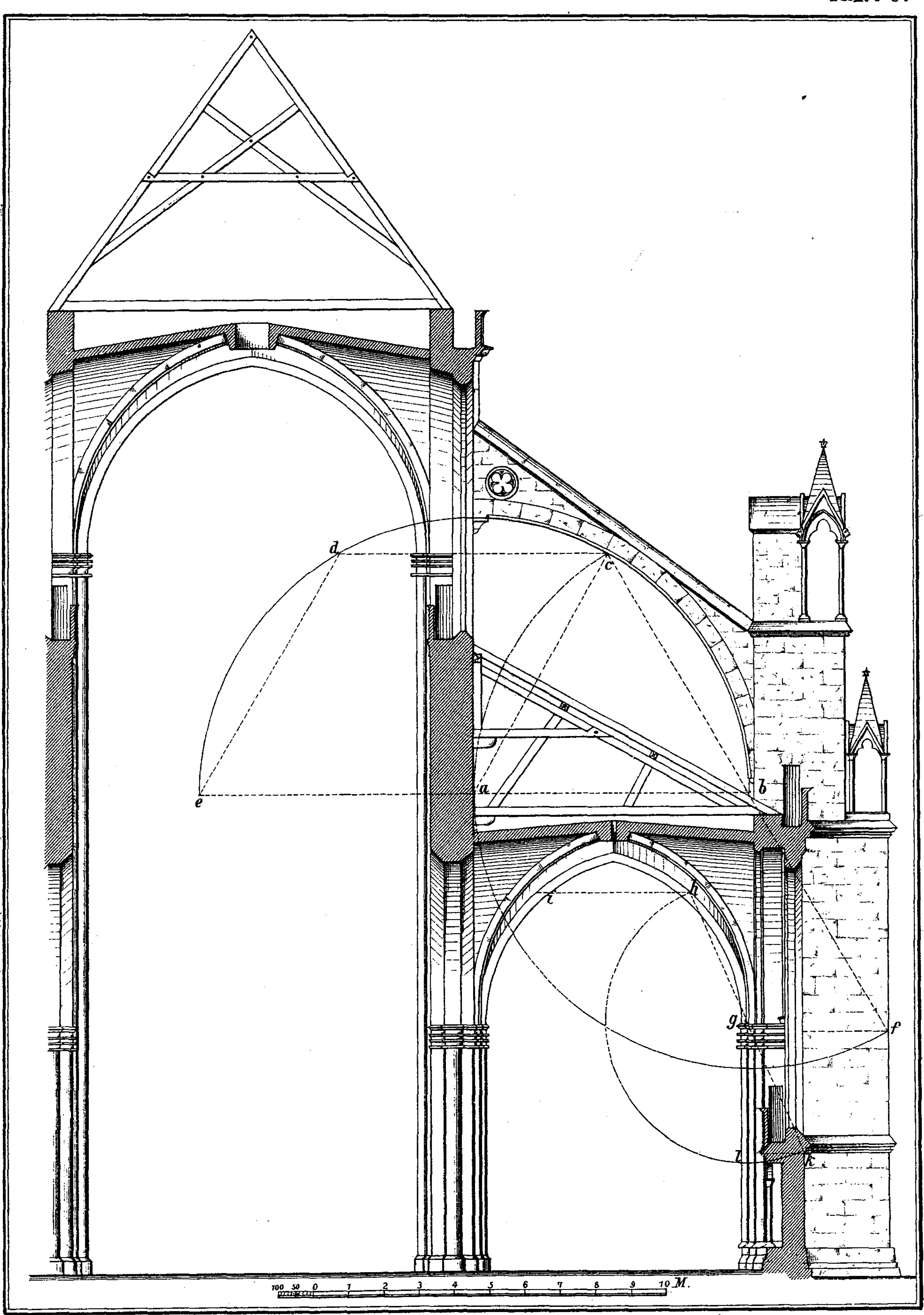
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
a
b
c
d
a
b
f
c
g
Fig. 2.
100 50 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 m.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


d
c
a
h
b
g
m
k
f
l
10
0
6 M.


d
c
e
a
b
i
h
g
f
l
k
100 50 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 M.

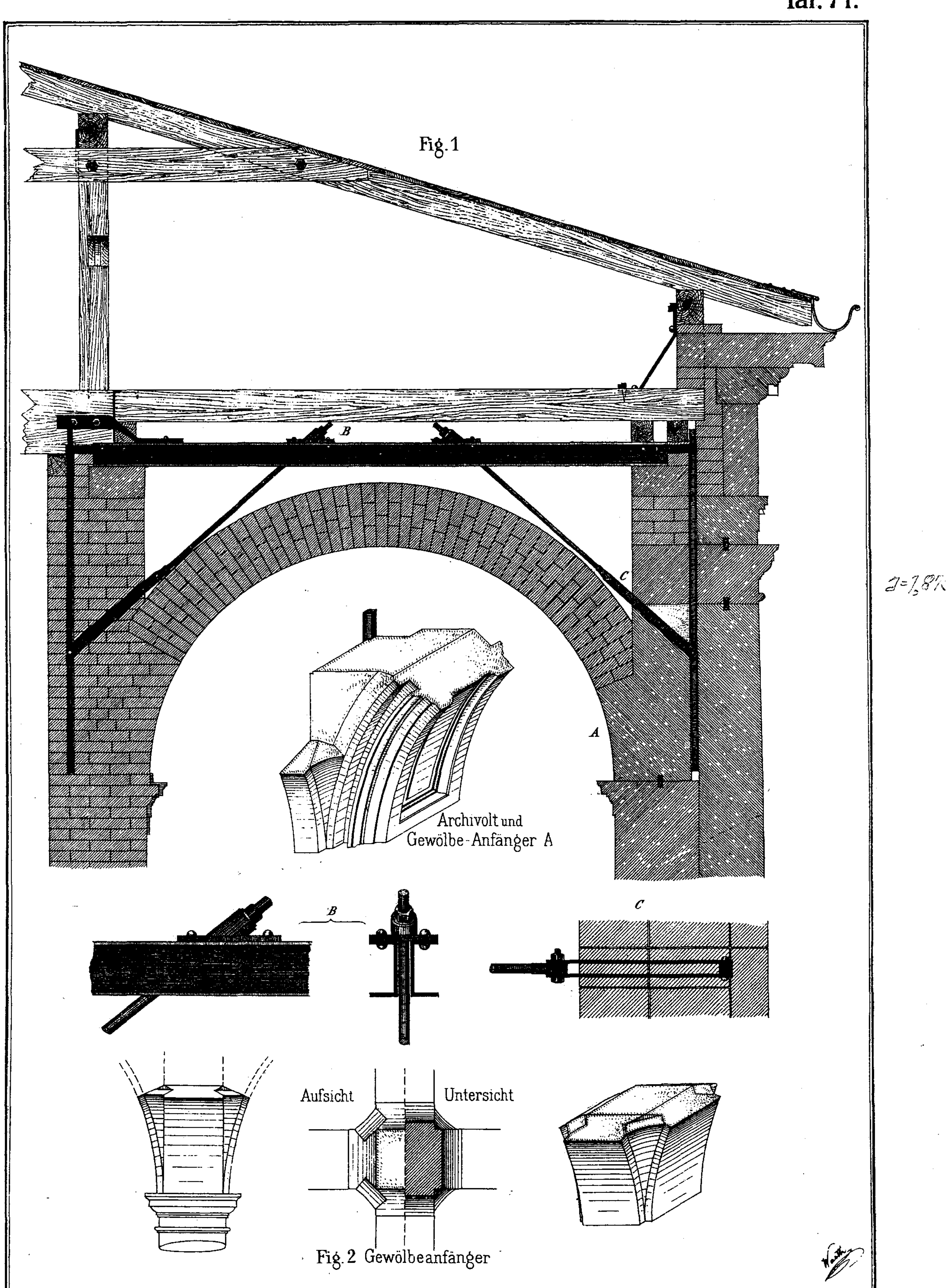
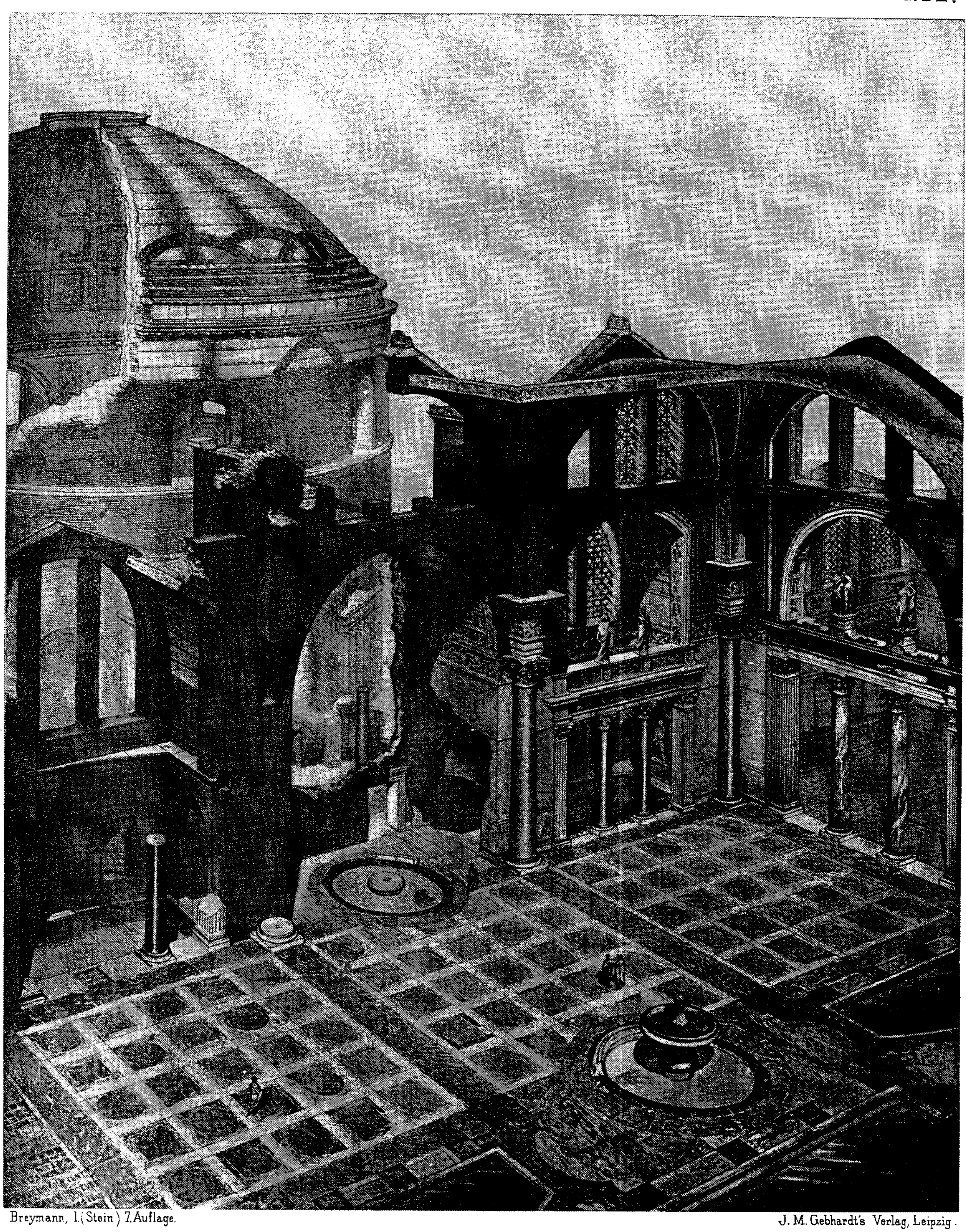


Fig. 2 Gewölbeanfänger

Breymann I Stein (7. Aufl.)
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



Breymann, I. (Stein) 7. Auflage. J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

DIE THERMEN DES CARACALLA IN ROM
nach Viollet-le-Duc.